

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки – 15.03.01. Машиностроение  
 Отделение школы (НОЦ) - Материаловедения

### БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА

Тема работы
<b>Разработка технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора</b>

УДК № 621.81-2-047.84

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л51	Кунгурова Ирина Александровна		22.05.2020

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Бознак Алексей Олегович	К.Т.Н		22.05.2020

Консультант

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Старший преподаватель	Галин Николай Евгеньевич			22.05.2020

### КОНСУЛЬТАНТЫ ПО РАЗДЕЛАМ:

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСГН ШБИП	Криницына Зоя Васильевна	К.Т.Н.		22.05.2020

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Белоенко Елена Владимировна	К.Т.Н.		22.05.2020

### ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Ефременков Егор Алексеевич	К.Т.Н.		22.05.2020

## Результаты обучения

Код результата	Результат обучения
Общие по направлению подготовки (специальности)	
P1	Способность применять базовые и специальные знания в области математических, естественных, гуманитарных и экономических наук в комплексной инженерной деятельности на основе целостной системы научных знаний об окружающем мире; умение использовать основные законы естественнонаучных дисциплин, методы математического анализа и моделирования, основы теоретического и экспериментального исследования в комплексной инженерной деятельности с целью моделирования объектов и технологических процессов в машиностроении, используя стандартные пакеты и средства автоматизированного проектирования машиностроительной и сварочной продукции.
P4	Способность эффективно работать индивидуально и в качестве члена команды, демонстрируя навыки руководства отдельными группами исполнителей, в том числе над междисциплинарными проектами, уметь проявлять личную ответственность, приверженность профессиональной этике и нормам ведения профессиональной деятельности.
P7	Умение проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, выполнять организационно-плановые расчеты по созданию или реорганизации производственных участков, планировать работу персонала и фондов оплаты труда, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении изделий машиностроения и сварочного производства
P8	Умение применять стандартные методы расчета деталей и узлов машиностроительных изделий и конструкций, выполнять проектно-конструкторские работы, составлять и оформлять проектную и технологическую документацию соответственно стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования, выполнять работы по стандартизации, технической подготовке к сертификации технических средств, систем, процессов, оборудования и материалов, организовывать метрологическое обеспечение технологических процессов, подготавливать документацию для создания системы менеджмента качества на предприятии.
(Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств)	
P11	Умение применять современные методы для разработки малоотходных, энергосберегающих и экологически чистых машиностроительных и

	<p>строительно-монтажных технологий, обеспечивающих безопасность жизнедеятельности людей и их защиту от возможных последствий аварий, катастроф и стихийных бедствий, умение применять способы рационального использования сырьевых, энергетических и других видов ресурсов в машиностроении и строительстве, применять методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей используемых материалов и готовых изделий.</p>
P12	<p>Умение обеспечивать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроительного производства, осваивать новые технологические процессы производства продукции, применять методы контроля качества новых образцов изделий.</p>

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 федеральное государственное автономное  
 образовательное учреждение высшего образования  
 «Национальный исследовательский Томский политехнический университет» (ТПУ)

Школа – Инженерная школа новых производственных технологий  
 Направление подготовки (специальность) – 15.03.01. Машиностроение  
 Отделение школы (НОЦ) – Материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
 Руководитель ООП  
 \_\_\_\_\_ Ефременков Е.А.  
 (Подпись) (Дата) (Ф.И.О.)

### **ЗАДАНИЕ** **на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

Бакалаврской работы
---------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
З-8Л51	Кунгуровой Ирине Александровне

Тема работы:

<b>Разработка технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	№59-58/с от 28.02.2020

Срок сдачи студентом выполненной работы:	22.05.2020
--	------------

### ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:

<b>Исходные данные к работе</b>  <i>(наименование объекта исследования или проектирования; производительность или нагрузка; режим работы (непрерывный, периодический, циклический и т. д.); вид сырья или материал изделия; требования к продукту, изделию или процессу; особые требования к особенностям функционирования (эксплуатации) объекта или изделия в плане безопасности эксплуатации, влияния на окружающую среду, энергозатратам; экономический анализ и т. д.).</i>	- Чертеж детали; - Годовая программа выпуска 5000 шт.
--	--

<p><b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b></p> <p><i>(аналитический обзор по литературным источникам с целью выяснения достижений мировой науки техники в рассматриваемой области; постановка задачи исследования, проектирования, конструирования; содержание процедуры исследования, проектирования, конструирования; обсуждение результатов выполненной работы; наименование дополнительных разделов, подлежащих разработке; заключение по работе).</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Определение типа производства;</li> <li>- Анализ технологичности конструкции детали;</li> <li>- Выбор заготовки;</li> <li>- Разработка маршрута обработки детали;</li> <li>- Размерный анализ техпроцесса;</li> <li>- Выбор оборудования;</li> <li>- Расчет и назначение режимов обработки;</li> <li>- Нормирование технологического процесса;</li> <li>- Конструирование приспособления;</li> <li>- Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение.</li> <li>- Социальная ответственность.</li> <li>- Заключение</li> </ul>
<p><b>Перечень графического материала</b></p> <p><i>(с точным указанием обязательных чертежей)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Чертеж детали;</li> <li>- Операционная карта;</li> <li>- Размерная схема технологического процесса;</li> <li>- Граф дерево;</li> <li>- Чертеж приспособления;</li> <li>- Спецификация.</li> </ul>
<p><b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b></p> <p><i>(с указанием разделов)</i></p>	
Раздел	Консультант
Технологический	Галин Николай Евгеньевич
Конструктоский	Галин Николай Евгеньевич
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Креницына Зоя Васильевна
Социальная ответственность	Белоевко Елена Владимировна

Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику	16.12.2019
--	------------

**Задание выдал руководитель / консультант (при наличии):**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОМ ИШНПТ	Бознак Алексей Олегович	к.т.н		16.12.2019
Старший преподаватель	Галин Николай Евгеньевич			16.12.2019

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л51	Кунгурова Ирина Александровна		16.12.2019

## **Реферат**

Выпускная квалификационная работа состоит из 4 глав, изложенных на 123 страницах, 4 рисунка, 19 таблиц, 25 источников, 6 приложений.

Ключевые слова: колесо зубчатое, прокат, технологический процесс, размерный анализ, инструмент, приспособление.

Объектом исследования является: «Разработка технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора».

Цель работы – разработать технологию изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора. Спроектировать приспособление для фрезерной операции.

В процессе разработки технологии проводилось: выбор заготовки для производства детали, определение размеров и припусков, выбор основного оборудования, построение размерных схем, выбор мерительного и режущего инструмента, расчет режимов резания и норма времени на обработку.

Степень внедрения: полученные результаты могут применяться в крупносерийном производстве.

Область применения: машиностроение.

Экономическая эффективность/значимость работы: выбран оптимальный вариант по разработке технологии изготовления данной детали в условиях крупносерийного производства, спроектированный технологический процесс соответствует требованиям экономичности изготовления детали.

## Оглавление

Введение.....	9
1. Технологическая часть.....	12
Техническое задание.....	12
Исходные данные.....	12
1.1 Определение типа производства.....	13
1.2 Анализ технологичности конструкции детали.....	15
1.3 Выбор исходной заготовки.....	17
1.4 Разработка технологии изготовления детали.....	18
1.5 Расчет припусков и диаметральных технологических размеров.....	26
1.6 Расчет припусков и осевых технологических размер.....	29
1.7 Расчет режимов резания.....	32
1.8 Выбор средств технологического оснащения.....	61
1.9 Определение норм времени .....	63
2. Конструкторский раздел.....	70
2.1 Анализ исходных данных.....	70
2.2 Разработка принципиальной расчетной схемы приспособле.....	70
2.3 Описание конструкций и работы приспособления.....	71
2.4 Определение необходимой силы зажима.....	72
3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение...76	
3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсоснабжения.....	77
3.2 Анализ конкурентных технических решений.....	78
3.3 SWOT- анализ.....	79
3.4 Планирование научно-исследовательских работ.....	84
3.5 Структура работ в рамках научного исследования.....	84
3.6 Определение трудоемкости выполнения работ.....	85
3.7 Разработка графика проведения научного исследования.....	87
3.8 График проведения научного исследования.....	88

3.9 Бюджет научно-технического исследования (НТИ).....	91
3.10 Расчет материальных затрат НТИ.....	91
3.11 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ.....	92
3.12 Основная заработная плата исполнителей темы.....	93
3.13 Дополнительная заработная плата исполнителей темы.....	96
3.14 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления).....	96
3.15 Накладные расходы.....	97
3.16 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта.....	98
3.17 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.....	98
4. Социальная ответственность .....	106
4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.....	106
4.2 Производственная безопасность.....	110
4.3 Экологическая безопасность.....	117
4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.....	117
Заключение.....	120
Список использованных источников.....	121
Приложения.....	124



## **Введение**

Машиностроение производит средства труда, машины и оборудование, приборы и вычислительную технику, передаточные устройства, транспортные средства – для всех отраслей народного хозяйства. Оно производит предметы потребления, в основном длительного использования. Машиностроение входит в состав промышленности под названием «Машиностроение и металлообработка». Первое – создает машины и оборудования, аппараты и приборы, различного рода механизмы для материального производства, науки, культуры, сферы услуг. Второе – занимается производством металлических изделий, ремонтом машин и оборудования. В настоящее время машиностроение России состоит из ряда самостоятельных отраслей, куда входят свыше 350 подотраслей и производств.

Обработка металлов резанием на металлообрабатывающих станках – является распространенным производственным процессом, назначением которого является придание поверхности заготовки с помощью режущего инструмента правильной геометрической формы и соответствующей чистоты.

В большинстве машиностроительных заводов трудоемкость обработки резанием составляет 45-50% от общей трудоемкости изготовления машин, поэтому совершенствование технологии резания металлов является актуальной задачей.

Важным направлением в развитии станкостроения является внедрение высокопроизводительных станков с числовым программным управлением (ЧПУ) в виде участков из этих станков с использованием электронных вычислительных машин (ЭВМ) и микропроцессоров. При этом значительно облегчаются условия труда рабочих и обслуживающего персонала, резко повышается культура производства. Одним из важнейших направлений в этой

области является также внедрение в производство автоматических линий, промышленных роботов и манипуляторов.

Достижение высокого уровня производительности возможно благодаря применению новых конструкций режущего инструмента, а также рациональной его эксплуатации. Совершенствование режущего инструмента осуществляется за счет повышения доли твердосплавного и быстрорежущего инструмента с износостойкими покрытиями; применения новых, более производительных конструкций инструмента; увеличения доли инструмента из безвольфрамовых твердых сплавов, режущей керамики и сверхтвердых материалов; увеличения доли инструмента с механическим креплением многогранных пластинок, а также с клеевым креплением пластинок и вставок.

Усовершенствования ведут к созданию и внедрению автоматизированных технологических комплексов, представляющих собой совокупность одной или нескольких единиц основного обрабатывающего оборудования, автоматического манипулятора (промышленного робота) для выполнения вспомогательных операций и транспортно–накопительной системы для хранения деталей и заготовок, управляемых от единого устройства программного управления. Такие быстроперенастраиваемые комплексы обеспечивают автоматизацию основных и вспомогательных операций при обработке широкой номенклатуры изделий. Они служат средством перехода к комплексно – автоматизированным производствам с так называемой «безлюдной технологией», обладающим необходимой гибкостью.

Уделить внимание техническому перевооружению производства, максимальному использованию возможностей техники, комплексной механизации и автоматизации технологических процессов. При разработке технологического процесса необходимо выбрать и обосновать метод получения заготовки. Выбрать маршрут обработки детали и его технико-экономически обосновать. Для наиболее рационального использования

оборудования и повышения точности детали разделить черновые и чистовые операции и выполнить их на предназначенных для этого станках. При обработке детали необходимо тщательно проработать вопросы, связанные с установкой и закреплением детали, во избежание деформации заготовки, базирование, очередности и видов операций, обеспечить, возможно, меньшее число переустановок на станках, предусмотреть использование стандартизированной оснастки и режущего инструмента.

## **1. Технологическая часть**

### **Техническое задание**

#### **Исходные данные**

Разработка технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора. Общий вид детали «Зубчатое колесо» представлен на рисунке 1. Чертеж детали «Зубчатое колесо» представлен в Приложении А. Годовая программа выпуска деталей N= 5000 шт.



Рис. 1 – Общий вид детали «Зубчатое колесо»

Колесо зубчатое представляет собой «тело вращения». Деталь имеет форму диска сложной формы с центральным отверстием и малыми отверстиями. По наружной поверхности диска расположены зубцы.

Механической обработке в детали подвержены все поверхности.

Конструкция детали достаточно прочная и жесткая.

Колесо зубчатое устанавливается на вал редуктора, и служит для передачи крутящего момента и вращения на ведомый вал редуктора. В соответствии с этим деталь должна иметь требуемую точность, обладать необходимой жёсткостью и виброустойчивостью.

## 1.1 Определение типа производства

Тип производства и соответствующая ему форма организации определяют характер технологического процесса и его построение. Согласно ГОСТ 3.1108 -74 ЕСТД и ГОСТ 14.004 -74 ЕСТПП характеризуется коэффициентом закрепления операций -  $K_{3.0}$ .

$K_{3.0}$  показывает отношение числа всех различных технологических операций, выполненных или подлежащих выполнению подразделением в течении месяца, к числу рабочих мест, т.е.  $K_{3.0}$ , который определяется по формуле:

$$K_{3.0} = \frac{t_B}{T_{CP}}, \quad (1)$$

где  $t_B$  – такт выпуска детали, мин/шт;

$T_{CP}$  – среднее штучное время, мин;

$$t_B = \frac{60 \times F_{\Gamma}}{N_{\Gamma}}, \quad (2)$$

где  $F_{\Gamma} = 4015$  – годовой фонд времени работы оборудования, час.

$N_{\Gamma} = 5000$  – годовая программа выпуска деталей, шт.

$$t_B = \frac{60 \times 4015}{5000} = 48,18 \text{ мин},$$

Определим среднее штучно-калькуляционное время:

$$T_{CP} = \frac{\sum T_{шк.i}}{n} \quad (3)$$

где  $\sum T_{шк.i}$  – штучно-калькуляционное время на выполнение операции мин.;

$n$  – Количество основных операций.

Основными операциями являются 4 операции, то есть  $n=4$ : обе токарные и обе фрезерные операции.

Вычисление штучно-калькуляционного времени производится в соответствии с приложением 1 [1, стр. 146]:

$$T_{ш.ki} = \varphi_{ki} \times T_{o.i}, \quad (4)$$

Где,  $\varphi_{к.і}$  – коэффициент  $i$ -ой основной операции, зависящий от вида станка и типа предполагаемого производства;

$T_{о.і}$  – основное технологическое время  $i$ - ой операции, мин.

Для отрезной операции  $\varphi_{к.0} = 1,5$ ;

Для двух токарных операций:  $\varphi_{к.1} = \varphi_{к.2} = 2,14$ ; для двух фрезерных операций  $\varphi_{к.3} = \varphi_{к.4} = 1,84$ .

Для токарной операции подсчитываем необходимое время для самых длительных переходов.

Основное технологическое время на отрезной операции:

$$T_{0.0} = 0,00019D^2 = 0,00019 \times 110^2 = 2,3 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время данной операции определяем по формуле:  $T_{шт.кі} = \varphi_{к.і} \times T_{о.і} = 1,5 \times 2,3 = 3,45 \text{ мин}$

Основное технологическое время на изготовление детали определим по рекомендациям приложения 1 [1, стр.172], где время напрямую зависит от длины и диаметра детали и вида обработки.

$$T_{0.1} = 0,000037(D^2 - d^2) = 0,000037(110^2 - 0^2) = 0,45 \text{ мин}$$

$$T_{0.2} = 0,000052 \times d \times l = 0,000052 \times 60 \times 20 = 0,06 \text{ мин}$$

$$T_{0.3} = 0,000052 \times d \times l = 0,000052 \times 60 \times 20 = 0,06 \text{ мин}$$

$$T_{0.4} = 0,0001 \times d \times l = 0,0001 \times 60 \times 20 = 0,12 \text{ мин}$$

$$T_{0.5} = 0,00017 \times d \times l = 0,00017 \times 60 \times 20 = 0,2 \text{ мин}$$

$$T_{0.6} = 0,00018 \times d \times l = 0,00018 \times 90 \times 9 = 0,15 \text{ мин}$$

$$T_I = 1,04 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время токарной операции с ЧПУ:

$$T_{шт.к.1} = \varphi_{к.1} \times T_{0.1} = 2,14 \times 1,04 = 2,23 \text{ мин.}$$

Основное технологическое время второй токарной операции:

$$T_{0.7} = 0,000052(D^2 - d^2) = 0,000052(110^2 - 0^2) = 0,63 \text{ мин}$$

$$T_{0.8} = 0,00018 \times d \times l = 0,00018 \times 90 \times 0,8 = 0,013 \text{ мин}$$

$$T_{0.9} = 0,00037 \times d \times l = 0,00037 \times 60 \times 15 = 0,33 \text{ мин}$$

$$T_{0.10} = 0,00017 \times d \times l = 0,00017 \times 107 \times 15 = 0,27 \text{ мин}$$

$$T_{0.11} = 0,00037 \times d \times l = 0,00037 \times 60 \times 15 = 0,33 \text{ мин}$$

$$T_{0.12} = 0,00037 \times d \times l = 0,00037 \times 107 \times 15 = 0,59 \text{ мин}$$

$$T_{0.11} = 1,53 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время токарной операции с ЧПУ:

$$T_{шт.к.2} = \varphi_{к.2} \times T_{0.2} = 2,14 \times 1,53 = 3,27 \text{ мин.}$$

$$T_{0.13} = 0,007l = 0,007 \times 15 \times 8 = 0,84 \text{ мин}$$

$$T_{0.11} = 5,44 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время фрезерной операции с ЧПУ:

$$T_{шт.к.3} = \varphi_{к.3} \times T_{0.3} = 1,84 \times 5,44 = 10 \text{ мин.}$$

$$T_{0.14} = 0,0022Db = 0,0022 \times 106 \times 15 = 3,5 \text{ мин}$$

$$T_{0.11} = 3,5 \text{ мин}$$

Штучно-калькуляционное время фрезерной операции с ЧПУ:

$$T_{шт.к.4} = \varphi_{к.4} \times T_{0.4} = 1,84 \times 3,5 = 6,44 \text{ мин.}$$

$$T_{ср} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{ш.к.i}}{n} = \frac{3,45 + 2,23 + 3,27 + 10 + 6,44}{5} = 5,078 \text{ мин}$$

$$K_{3.0} = \frac{48,18}{5,078} = 9,5,$$

Поскольку  $1 < 9,5 < 10$ , то производство крупносерийное.

## 1.2 Анализ технологичности конструкции детали

Деталь «Колесо зубчатое» относится к классу «тело вращения». Жёсткость конструкции детали является достаточной, режимы резания при обработке будут выполнены. Ко всем поверхностям для обработки имеется свободный доступ режущего и мерительного инструмента. Конструкция детали позволяет обработать её стандартными режущими инструментами. Отсутствуют плоскости, расположенные под тупым или острым углом, а

также отсутствуют отверстия, расположенные не под прямым углом к плоскости входа и выхода.

Конструкция детали имеет необходимые по размерам и расположению базовые поверхности, что позволяет при обработке применять принципы совмещения и постоянства баз, обеспечивая точность формы обрабатываемых поверхностей, точности их расположения и точность размеров. Наивысший квалитет точности обрабатываемых поверхностей – 8, что позволяет обработать деталь на станках экономически достижимой точности. Анализируя основные параметры шероховатости поверхностей видим, что деталь имеет наибольший параметр  $\sqrt{Rz\ 2,5}$ , а на остальные поверхности  $\sqrt{Rz\ 10}$ ,  $\sqrt{Rz\ 40}$ .

Колесо зубчатое выполнено из стали 40Х13 ГОСТ 5632-72, которая хорошо обрабатывается и имеет неплохие физико-механические свойства, обладает хорошими литейными свойствами.

Такой вид стали применяют для деталей, как: пружины для работы при температурах до 400-450 град, рессоры, шариковые подшипники, режущий и мерительный инструмент. Геометрическая форма детали и ее размеры не вызывают значительной трудности при обработке на металлорежущих станках. Деталь имеет наибольший диаметр 106,56 мм, толщину 15 мм и массу 0,4 кг.

Таблица 1 – Химический состав стали 40Х13

С	Si	Mn	Ni	S	P	Cr
0.35 - 0.44	до 0.6	до 0.6	до 0.6	до 0.025	до 0.03	12 - 14



Таблица 2 – Физические свойства стали 40

Марка стали	Предел текучести $\sigma_T$ , МПа	Временное сопротивление $\sigma_B$ , МПа	Относительное удлинение $\delta$ , %	Относительное сужение $\psi$ , %	Ударная вязкость КСЧ, кДж/м2
	Не менее				
Нормализация					
Сталь конструкционная углеродистая качественная					
40X13	-	590	10	-	-

Деталь «Колесо зубчатое» можно считать технологичной по форме.

### 1.3 Выбор исходной заготовки

Изготовление заготовок – является одним из основных этапов машиностроительного производства, который непосредственно влияет на расход материалов, качество изделий, трудоёмкость их изготовления и себестоимость.

При выборе заготовки для заданной детали назначают метод ее получения, определяют конфигурацию, размеры, припуски на обработку, допуски. По мере усложнения конфигурации заготовки, уменьшение напусков и припусков, повышения точности размеров и параметров расположения поверхностей усложняется и удорожается механическая оснастка заготовительного цеха и возрастает себестоимость заготовки, но при этом снижается трудоёмкость и себестоимость последующей механической обработки заготовки, повышается коэффициент использования металла.

Для детали «Колесо зубчатое», выполненной из стали 40X13 для крупносерийного производства, выбираем вариант получения заготовки-прокат. Эскиз заготовки представлен на рис. 2.

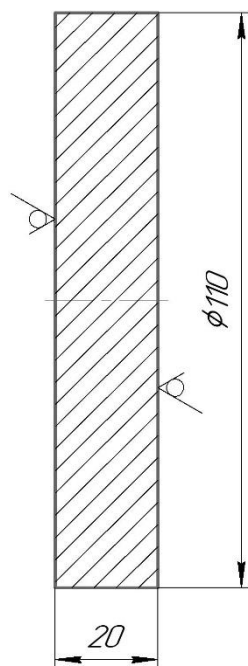
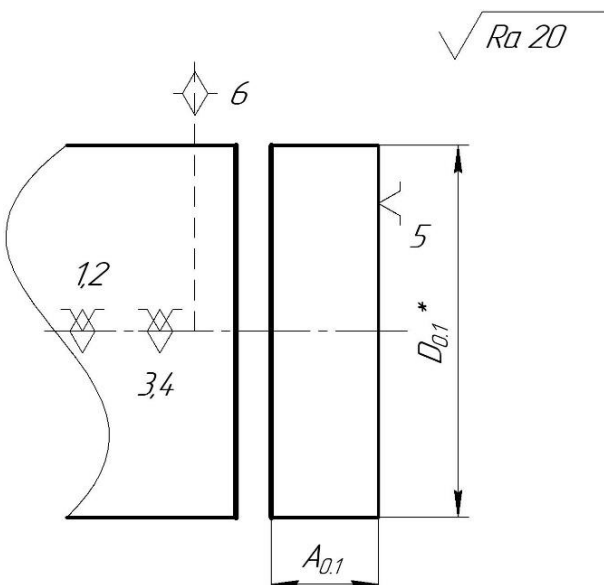
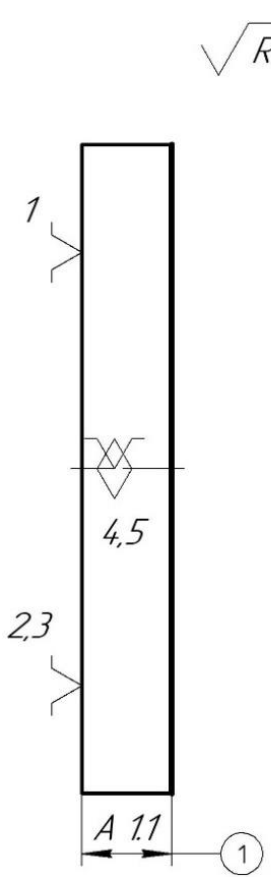


Рис. 2 – Заготовка

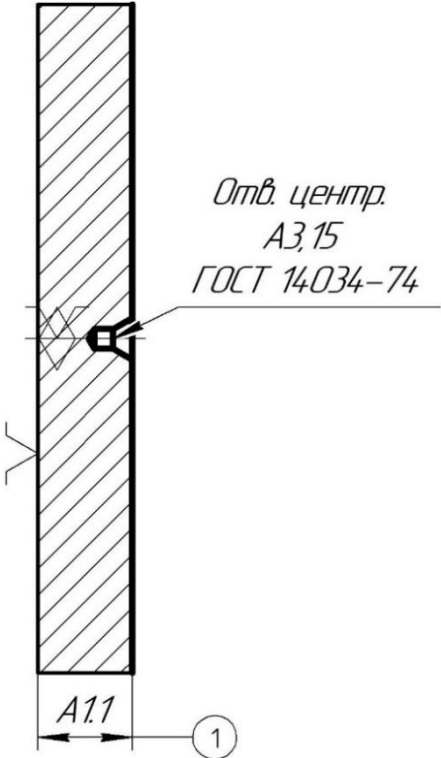
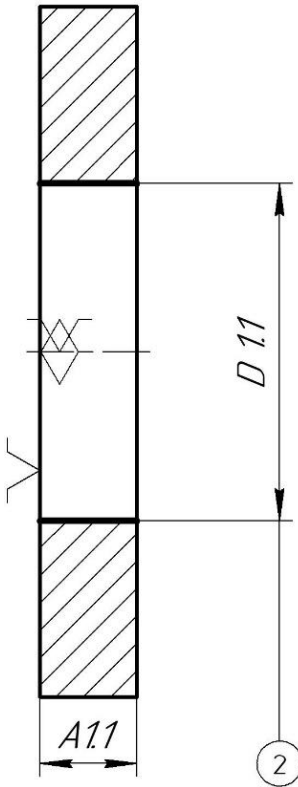
#### **1.4 Разработка технологии изготовления детали**

Маршрут технологии изготовления «Колесо зубчатое» представлен в таблице 3.

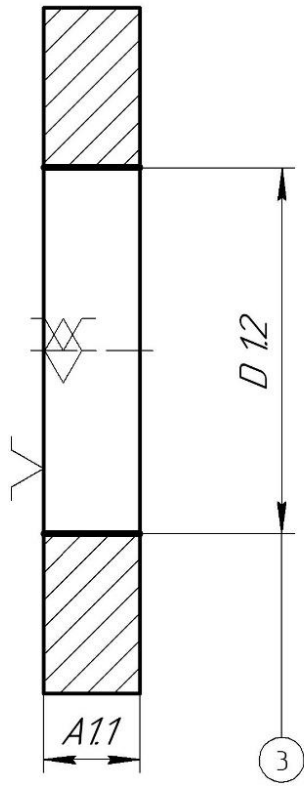
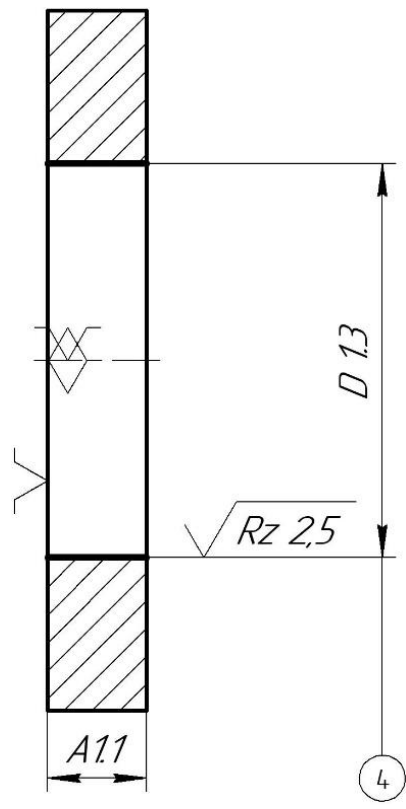
Таблица 3 – Маршрут технологии изготовления детали

Номер		Наименование и содержание операций и переходов	Операционный эскиз
Операции	Перехода		
0	1	<p><b><u>Заготовительная</u></b></p> <p>Отрезать заготовку, выдержав размер А0.1</p>	
1	1	<p><b><u>Токарная с ЧПУ (черн.)</u></b></p> <p>Подрезать торец 1, выдержав размер А1.1</p>	

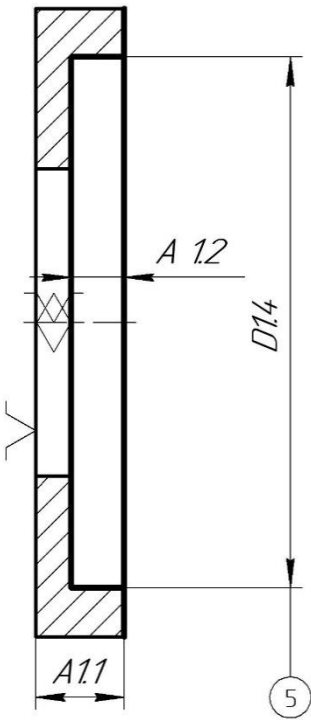
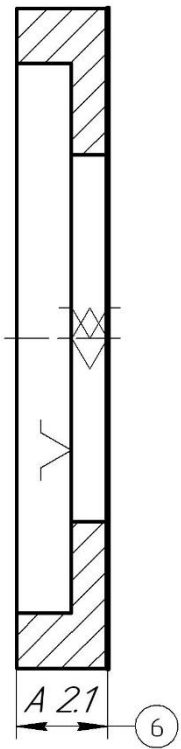
Продолжение таблицы 3

	2	Сверлить центровое отверстие.	 <p>Отв. центр. A3,15 ГОСТ 14034-74</p> <p>A1.1</p> <p>①</p>
	3	Сверлить отверстие (пов. 2), выдержав размер D1.1	<p><math>\sqrt{Ra\ 2,5}</math></p>  <p>D1.1</p> <p>A1.1</p> <p>②</p>

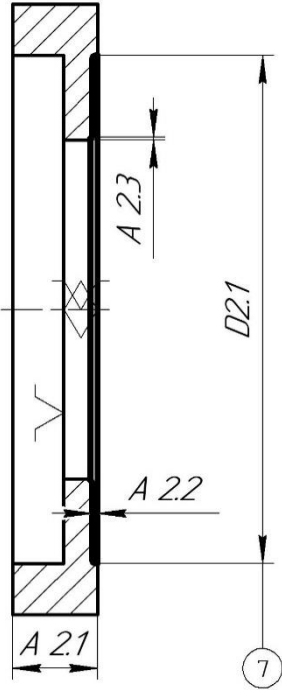
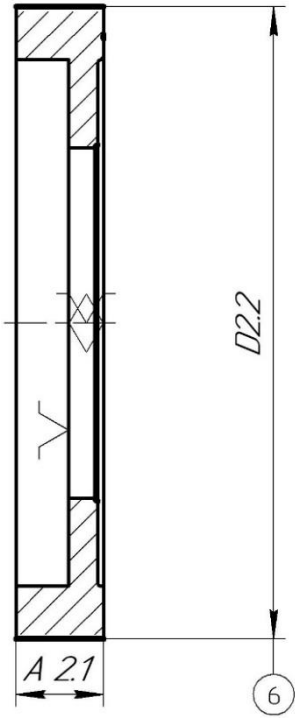
Продолжение таблицы 3

	4	Расточить (пов. 3), выдержав размер D1.2	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 2,5}</math></p> 
	5	Расточить тонко (пов. 4), выдержав размер D1.3	

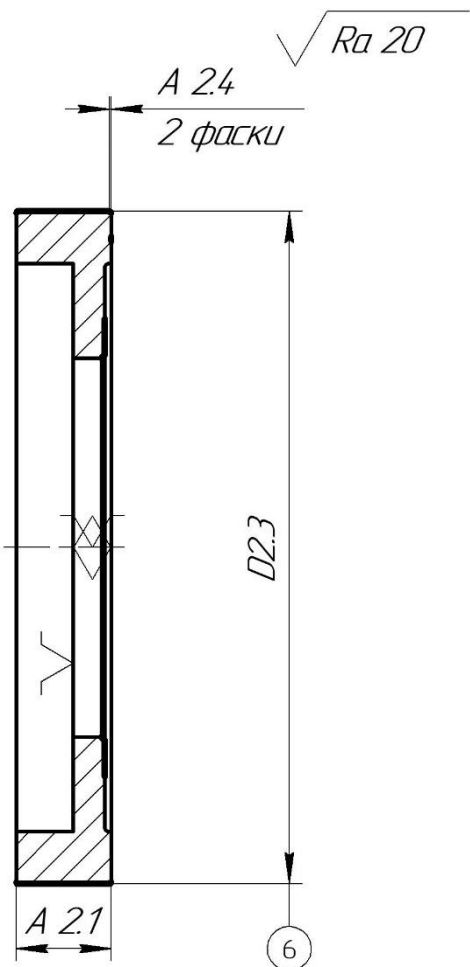
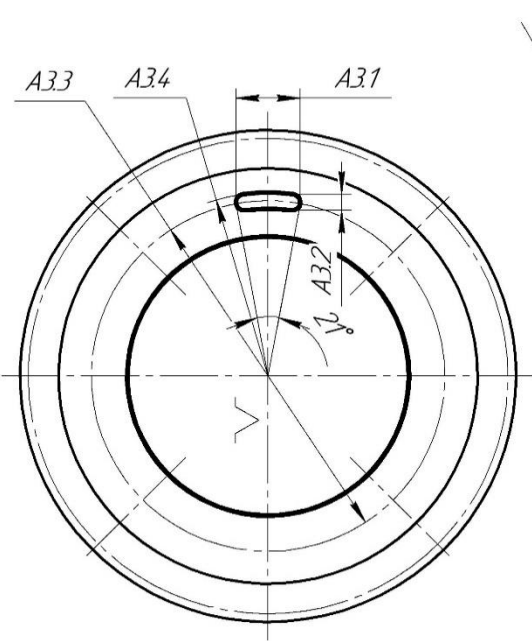
Продолжение таблицы 3

	6	Расточить (пов. 5), выдержав размеры D1.4 и A1.2	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 2,5}</math></p> 
2	1	<p style="text-align: center;"><b><u>Токарная с ЧПУ</u></b> <b><u>(чист.)</u></b></p> <p>Подрезать торец 6, выдержав размер A2.1</p>	<p style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 20}</math></p> 

Продолжение таблицы 3

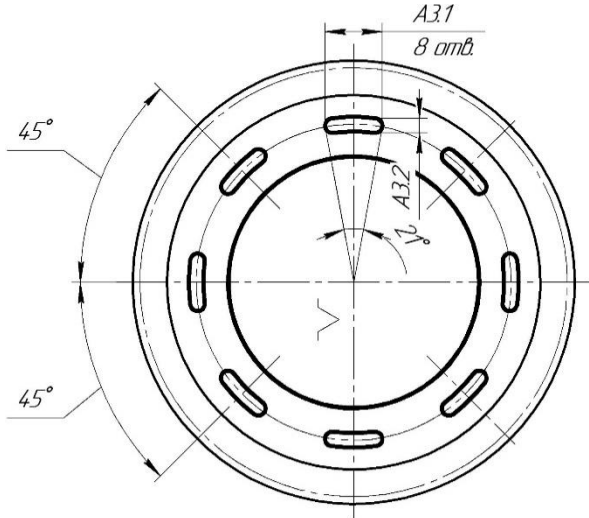
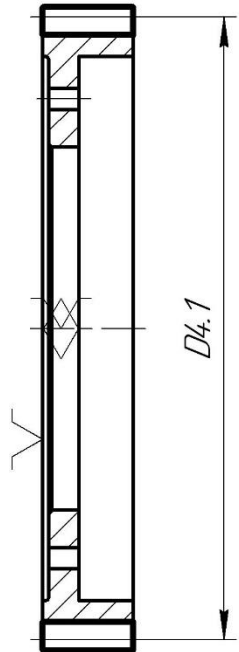
<p>2</p> <p>3</p>	<p>Точить пов. 7, выдерживая размеры D2.1, A2.2</p> <p>Точить фаску под углом 45° выдерживая размер A2.3</p>	<p><math>\sqrt{Ra\ 20}</math></p> 
<p>4</p>	<p>Точить предварительно пов. 6, выдерживая размер D2.2,</p>	<p><math>\sqrt{Ra\ 20}</math></p> 

Продолжение таблицы 3

	<p>5 Точить пов. 6, выдерживая размер D2.3,</p> <p>6 Точить фаску под углом 45° выдерживая размер A2.4</p>	
<p>3</p>	<p>1</p>	<p><b><u>Фрезерная с ЧПУ</u></b></p> <p>Фрезеровать (пов. 7), выдерживая размеры A3.1, A3.2, A3.3, A3.4</p> 



Продолжение таблицы 3

	2	Повторить 7 раз с шагом $45^\circ$	<div style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 20}</math></div> 
3	1	<p><b><u>Фрезерная с ЧПУ</u></b></p> <p>Фрезеровать зубья колеса выдержав размер D4.1</p>	<div style="text-align: right;"><math>\sqrt{Ra\ 20}</math></div> 

Операционная карта представлена в Приложении.

## 1.5 Расчет припусков и диаметральных технологических размеров

Размерная схема изготовления изделия представляет собой совокупность технологических размерных цепей. Замыкающими звеньями в операционных технологических цепях являются припуски на обработку поверхностей и конструкторские размеры, непосредственно взятые с чертежа. Помимо замыкающих звеньев в технологической цепи есть составляющие звенья, которыми являются технологические размеры, получаемые на всех операциях (переходах) обработки изделия [2, стр. 21]. Размерная схема технологического процесса представлена в Приложении.

Допуски на диаметральные размеры:

$TD_{0.1} = 0,25 \text{ мм};$	$TD_{2.1} = 0,87 \text{ мм};$
$TD_{1.1} = 0,30 \text{ мм};$	$TD_{2.2} = 0,35 \text{ мм};$
$TD_{1.2} = 0,12 \text{ мм};$	$TD_{2.3} = 0,22 \text{ мм};$
$TD_{1.3} = 0,046 \text{ мм};$	$TD_{4.1} = 0,07 \text{ мм};$
$TD_{1.4} = 0,87 \text{ мм};$	

Расчёт начинаем с проверки условия:

$$TK_i \geq \sum TA_i,$$

Для размера  $K_5$  (см. Приложение):  $TK_5 = 0,22 \geq TD_{2.3} = 0,22 \text{ мм}$ , т. е. размер  $K_5$  может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_6$  (см. Приложение):  $TK_6 = 0,07 \geq TD_{4.1} = 0,07 \text{ мм}$ , т. е. размер  $K_6$  может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_7$  (см. Приложение):  $TK_7 = 0,87 \geq TD_{2.1} = 0,87 \text{ мм}$ , т. е. размер  $K_7$  может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_8$  (см. Приложение):  $TK_8 = 0,87 \geq TD_{1.4} = 0,87 \text{ мм}$ , т. е. размер  $K_8$  может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_9$  (см. Приложение):  $TK_9 = 0,046 \geq TD_{1.3} = 0,046 \text{ мм}$ , т. е. размер  $K_9$  может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_{10}$  (см. Приложение):  $TK_{10} = 0,4 \geq TD_{2.3} = 0,04 \text{ мм}$ , т. е. размер  $K_{10}$  может быть обеспечен с заданной точностью.

$$D_{2.3} = K_5 = \varnothing 106,56_{-0,22} \text{ мм}$$

$$D_{4.1} = K_6 = \varnothing 103,06 \pm 0,035 \text{ мм}$$

$$D_{2.1} = K_7 = \varnothing 90^{+0,87} \text{ мм}$$

$$D_{1.4} = K_8 = \varnothing 90^{+0,87} \text{ мм}$$

$$D_{1.3} = K_9 = \varnothing 60^{+0,046} \text{ мм}$$

$$D_{2.3} = K_{10} = 0,8 \pm 0,2 \text{ мм}$$

Формула для расчета минимального припуска на обработку поверхностей вращения:

$$2Z_{i\min} = 2 \cdot (Rz_{i-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2}), \quad (5)$$

где  $Rz_{i-1}$  – шероховатость поверхности на предшествующем переходе или операции, мкм;

$h_{i-1}$  – толщина дефектного поверхностного слоя, полученного на предшествующем переходе или операции, мкм;

$\rho_{i-1}$  – суммарное пространственное отклонение обрабатываемой поверхности, полученное на предшествующем переходе или операции, мкм;

Прокат горячекатаный обычной точности:

$$R = 0,1 \text{ мм} \quad h = 0,1 \text{ мм} \quad \rho = 0,13 \text{ мм} \quad \varepsilon = 0 \text{ мкм}$$

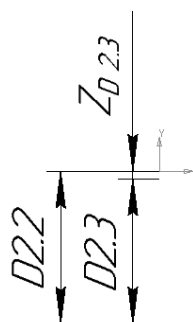
Точение черновое:

$$R = 0,15 \text{ мм} \quad h = 0,1 \text{ мм} \quad \rho = 0,11 \text{ мм} \quad \varepsilon = 0 \text{ мкм}$$

$$Z_{D0.1 \min} = Z_{D2.3 \min} = Z_{D2.2 \min} = 2 \cdot (0,1 + 0,1 + \sqrt{0,13^2 + 0^2}) = 0,66,$$

$$Z_{A0.1 \min} = 2 \cdot (0,15 + 0,1 + \sqrt{0,11^2 + 0^2}) = 0,72,$$

Находим  $D_{2.2}$



$$D_{2.3}^c = 106,56 \text{ мм};$$

$$Z_{D2.3}^c = Z_{D2.3 \min} + (TD_{2.3} + TD_{2.2})/2 = 0,66 + (0,35 + 0,22)/2 = 0,945 \text{ мм};$$

$$D_{2.2}^c = D_{2.3}^c + Z_{D2.3}^c = 106,56 + 0,945 = 107,505 \text{ мм};$$

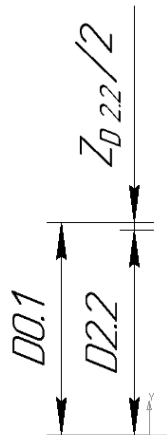
$$D_{2.2} = 107,505_{-0,35} \text{ мм}.$$

Фактическое значение припуска:

$$Z_{D2.3} = D_{2.2} - D_{2.3} = 107,505_{-0,35} - 106,56_{-0,22} = 0,945_{-0,35}^{+0,22}$$

$$Z_{D2.3}/2 = 0,4725_{-0,175}^{+0,110}$$

Находим  $D_{0.1}$ .



$$TD_{0.1} = 0,9 - (-2,5) = 3,4 \text{ мм}$$

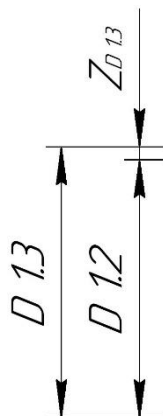
$$ZD_{2.2}^c = ZD_{2.2 \min} + (TD_{2.2} + TD_{0.1})/2 = 0,66 + (0,35 + 3,4)/2 = 2,535 \text{ мм};$$

$$D_{0.1}^c = D_{2.2}^c + ZD_{2.2}^c = 107,505 + 2,535 = 110,04 \text{ мм}$$

$$D_{0.1} = D_{0.1}^c - (BOD_{0.1} + HOD_{0.1})/2 = 110,04 - (0,9 - 2,5)/2 = 110,84 \text{ мм}$$

$$D_{0.1} = 110,84_{-2,5}^{+0,9} \text{ выбираем прокат } D = 115 \text{ мм}$$

$$\text{Следовательно } D_{0.1} = 115_{-2,5}^{+0,9}$$



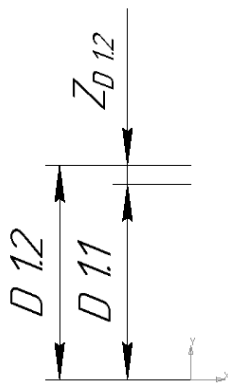
Находим  $D_{1.2}$

$$D_{1.3}^c = 60 \text{ мм};$$

$$Z_{D1.3}^c = Z_{D1.3 \min} + (TD_{1.2} + TD_{1.3})/2 = 0,72 + (0,120 + 0,046)/2 = 0,803 \text{ мм};$$

$$D_{1.2}^c = D_{1.3}^c - Z_{D13}^c = 60 - 0,803 = 59,197 \text{ мм};$$

$$D_{1.2} = 59,197^{+0,12} \text{ мм}.$$



Находим  $D_{1.1}$

$$D_{1.2}^c = 59,197 \text{ мм};$$

$$Z_{D1.2}^c = Z_{D1.2 \min} + (TD_{1.1} + TD_{1.2})/2 = 0,72 + (0,30 + 0,12)/2 = 0,93 \text{ мм};$$

$$D_{1.1}^c = D_{1.2}^c - Z_{D12}^c = 59,197 - 0,93 = 58,267 \text{ мм};$$

$$D_{1.1} = 58,267^{+0,30} \text{ мм}.$$

Ближайший стандартный размер сверла по ГОСТ 10903-77  $D = 28 \text{ мм}$ , следовательно:  $D_{1.1} = 58,0^{+0,30} \text{ мм}$ .

## 1.6 Расчет припусков и осевых технологических размеров

Назначаем допуски на осевые технологические размеры. Берем их равными средней статистической погрешности механической обработки из приложения 1 [2, стр. 29]. Граф дерево технологических размерных цепей представлено в Приложении.

Допуски на технологические размеры:

$$TA_{0.1} = 0,30 \text{ мм};$$

$$TA_{2.4} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{1.1} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{3.1} = 0,20 \text{ мм};$$

$$TA_{1.2} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{3.2} = 0,20 \text{ мм};$$

$$TA_{2.1} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{3.4} = 0,20 \text{ мм};$$

$$TA_{2.2} = 0,12 \text{ мм};$$

$$TA_{3.5} = 0,20 \text{ мм};$$

$$TA_{2.3} = 0,12 \text{ мм};$$

Расчёт начинаем с проверки условия:

$$TK_i \geq \sum TA_i,$$

Для размера  $K_1$  (см. Приложение):  $TK_1 = 0,43 \geq TA_{2.1} = 0,43$  мм, т. е. размер  $K_1$  может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_2$  (см. Приложение):  $TK_2 = 0,36 \geq TA_{1.2} = 0,36$  мм, т. е. размер  $K_2$  может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_3$  (см. Приложение):  $TK_3 = 0,25 \geq TA_{2.2} = 0,25$  мм, т. е. размер  $K_3$  может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_4$  (см. Приложение):  $TK_4 = 0,40 \geq TA_{2.4} = 0,40$  мм, т. е. размер  $K_4$  может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_{11}$  (см. Приложение):  $TK_{11} = 0,43 \geq TA_{3.1} = 0,43$  мм, т. е. размер  $K_{11}$  может быть обеспечен с заданной точностью.

Для размера  $K_{12}$  (см. Приложение):  $TK_{12} = 0,36 \geq TA_{3.2} = 0,36$  мм, т. е. размер  $K_{12}$  может быть обеспечен с заданной точностью.

$$A_{2.1} = K_1 = 15_{-0,43} \text{ мм}$$

$$A_{1.2} = K_2 = 9 \pm 0,18 \text{ мм}$$

$$A_{2.2} = K_3 = 1 \pm 0,125 \text{ мм}$$

$$A_{2.4} = K_4 = 0,8 \pm 0,2 \text{ мм}$$

$$A_{2.3} = K_4 = 0,8 \pm 0,2 \times 45^\circ \text{ мм}$$

$$A_{2.2} = K_5 = 14^{+0,43} \times 45^\circ \text{ мм}$$

Формула для расчета минимальных припусков на обработку плоскостей:

$$Z_{imin} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1}$$

$$\rho_{i-1} = \rho_{\phi_{i-1}} + \rho_{p_{i-1}},$$

где  $\rho_{\phi_{i-1}}$  – погрешность формы обрабатываемой поверхности;

$\rho_{p_{i-1}}$  – погрешность расположения обрабатываемой поверхности.

Прокат горячекатанный обычной точности:

$$R=0,1\text{мм} \quad h=0,1\text{мм} \quad \rho =0,13\text{мм}$$

Точение черное:

$$R=0,1\text{мм} \quad h=0,08\text{мм} \quad \rho =0,05\text{мм}$$

Точение чистовое:

$$R=0,02\text{мм} \quad h=0,02\text{мм} \quad \rho =0,02\text{мм}$$

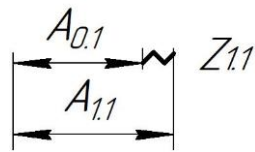
Шлифование черновое:

$$R=0,03\text{мм} \quad h=0,04\text{мм} \quad \rho =0,02\text{мм}$$

Минимальный припуск на черновую подрезку торца:

$$Z_{1,1 \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 0,1 + 0,1 + 0,13 = 0,33 \text{ мм.}$$

$$Z_{2,1 \min} = Rz_{i-1} + h_{i-1} + \rho_{i-1} = 0,1 + 0,1 + 0,13 = 0,33 \text{ мм.}$$



Найдём  $A_{1,1}$

$$A_{0,1}=15^{+0,048}\text{мм} ;$$

$$A_{1,1}^c=15,024\pm0,024 \text{ мм}$$

$$Z_{1,1 \max}=Z_{1,1 \min}+TA_{1,1}+TA_{0,1}=0,05+0,048+0,048=0,146 \text{ мм}$$

$$Z_{11,1}^c=(Z_{1,1 \max}+Z_{1,1 \min})/2=(0,146+0,09)/2=0,573 \text{ мм}$$

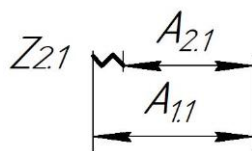
$$A_{1,1}^c=A_{1,1}^c+Z_{1,1}^c=15,024+0,573 =15,597 \text{ мм}$$

$$A_{0,1}=15,597\pm0,024$$

Определим фактическое значение припуска:

$$Z_{1,1}=A_{1,1}-A_{0,1}=20\pm0,024-0,6^{+0,048}=0,162_{-0,072}^{+0,024} \text{ мм}$$

$$Z_{1,1 \min}=0,05\text{мм}$$



Найдём  $A_{1.1}$

$$A_{2.1} = 48,4^{+0,016} \text{ мм};$$

$$A_{2.1}^c = 48,408 \pm 0,008 \text{ мм}$$

$$Z_{2.1 \max} = Z_{2.1 \min} + TA_{2.1} + TA_{1.1} = 0,33 + 0,016 + 0,012 = 0,358 \text{ мм}$$

$$Z_{2.1}^c = (Z_{2.1 \max} + Z_{2.1 \min}) / 2 = (0,358 + 0,33) / 2 = 0,344 \text{ мм}$$

$$A_{1.1}^c = A_{2.1}^c + Z_{2.1}^c = 48,408 + 0,344 = 48,752 \text{ мм}$$

$$A_{1.1} = 48,752 \pm 0,06$$

Определим фактическое значение припуска:

$$Z_{2.1} = A_{1.1} - A_{2.1} = 20 \pm 0,020 - 0,6^{+0,048} = 0,162_{-0,072}^{+0,020} \text{ мм}$$

$$Z_{2.1 \min} = 0,05 \text{ мм}$$

## 1.7 Расчет режимов резания

### Отрезная операция 0

Материал режущего инструмента выбираем с рекомендациями таблицы 3 [3, стр. 178] – T15K6.

Подача на зуб по таблице 108 [4, стр. 425] при металле:  $S = 0,05 \text{ мм/зуб}$ ,  
 $Z = 30$

Скорость резания  $V = 50 \text{ м/мин}$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T = 30 \text{ мин.}$

Минутная подача  $S_m = 1500 \text{ мм/мин}$

$$t_0 = \frac{D_{px}}{S_m} = \frac{115 \text{ мм}}{1500} = 0,08 \text{ мин}$$

Где  $D_{px}$  - длина рабочего хода

Ширина полотна  $t = 3 \dots 5 = 5 \text{ мм}$



## Операция 1 - Токарная с ЧПУ

Материал режущего инструмента – T15K6.

**Переход 1.** Подрезать торец 1, выдержав размер A1.1

Глубина резания:  $t = Z_{11}^c = 0,935$  мм.

Подача для данной глубины резания:

$$S = 1,2 \text{ мм/об}$$

Количество проходов:

$$i = 1$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (6)$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=60$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_v = 340$ ;  $m = 0,20$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ .

Коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$K_{MV}=1; K_{ПV}=1; K_{ИV}=1.$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 0,935^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} \cdot 1 = 139,508 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 139,508}{3,14 \cdot 115} = 386 \text{ об/мин.}$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 380$  об/мин

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 380}{1000} = 137,218 \text{ м/мин.}$$

Составляющая силы  $P_Z$  определяется по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_Z} \cdot S^{Y_Z} \cdot V^{n_Z} \cdot K_{MP}, \quad (7)$$

где  $C_{PZ}$ ,  $X_Z$ ,  $Y_Z$ ,  $n_Z$ ,  $q$ ,  $W$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней

$$C_{PZ} = 300;$$

$$X_Z = 1,0;$$

$$Y_Z = 0,75;$$

$$n_Z = -0,15;$$

$K_{MP} = 1$  – коэффициент, учитывающий влияние качества заготовки

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,935^{1,00} \cdot 1,2^{0,75} \cdot 137,218^{-0,15} \cdot 1 = 1537,118 \text{ Н}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1000}, (\text{кВт}) \quad (8)$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{1537,118 \cdot 137,218}{60 \cdot 1000} = 3,515$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}},$$

$$\text{где } N_{\text{шп}} = N_{\text{пас}} \cdot \eta,$$

$N_{\text{пас}}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

$$\text{Т.к. } N_{\text{пас}} = 11 \text{ кВт, } \eta = 0,75, \text{ то}$$

$$N_{\text{шп}} = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{рез}} = 3,515 < N_{\text{шп}} = 8,25$$

## Переход 2. Сверлить центровое отверстие

При сверлении глубина резания будет равна  $t = 0,5D = 0,5 \cdot 3,15 = 1,58 \text{ мм.}$

Подача:  $S = 0,25$  мм/об.

Количество проходов:

$$i = 1$$

Скорость резания, м/мин., формула:

(9)

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v;$$

Коэффициенты и показатели степени:  $C_v = 9,8$ ;  $q = 0,40$ ;  $y = 0,50$ ;  $m = 0,20$ .

Общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{MV} * K_{IV} * K_{LV};$$

$$K_{MV}=1; K_{LV} = 1; K_{IV}=1.$$

$$K_v = K_{MV} * K_{IV} * K_{LV} = 1 * 1 * 1 = 1$$

Стойкость инструмента:  $T = 110$  мин.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v = \frac{34,2 * 1,58^{0,40}}{110^{0,20} * 25} * 1 = 0,642 \text{ м/мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 0,642}{3,14 \cdot 3,15} = 64,907 \text{ об/мин.}$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 60$  об/мин

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 3,15 \cdot 60}{1000} = 0,593 \text{ м/мин.}$$

Крутящий момент

$$M_{KP} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^{Y_Z} \cdot K_{MP},$$

где  $C_M$ ,  $Y_Z$ ,  $q$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней

$$C_M = 0,0345;$$

$$Y_Z = 0,8;$$

$$q = 2;$$

$K_{MP} = 1$  – коэффициент, учитывающий влияние качества заготовки

$$M_{KP} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 3,15^2 \cdot 0,25^{0,8} \cdot 1 = 1,129 \text{ Нм},$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{рез} = \frac{M_{KP} \cdot n}{9750}, (\text{кВт}) \quad (10)$$

$$N_{рез} = \frac{1,129 \cdot 60}{9750} = 0,007$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

где  $N_{шп} = N_{пас} \cdot \eta$ ,

$N_{пас}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

Т.к.  $N_{пас} = 11 \text{ кВт}$ ,  $\eta = 0,75$ , то

$$N_{шп} = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$N_{рез} = 0,007 < N_{шп} = 8,25$$

**Переход 3.** Сверлить отверстие (пов. 2), выдержав размер D1.1

При сверлении глубина резания будет равна  $t = 0,5D = 58/2 = 29 \text{ мм}$ .

Подача:  $S = 0,48 \text{ мм/об}$ .

Количество проходов:

$$i = 1$$

Скорость резания, м/мин., формула:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v; \quad (11)$$

Коэффициенты и показатели степени:  $C_v = 9,8$ ;  $q = 0,40$ ;  $y = 0,50$ ;  $m = 0,20$ .

Общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{MV} * K_{IV} * K_{LV};$$

$$K_{MV}=1; K_{IV} = 1; K_{IV}=1.$$

$$K_v = K_{MV} * K_{IV} * K_{IV} = 1 * 1 * 1 = 1$$

Стойкость инструмента:  $T = 110$  мин.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m S^y} K_v = \frac{34,2 * 58^{0,40}}{110^{0,20} * 0,48^{0,50}} * 1 = 98 \text{ м/мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 98}{3,14 \cdot 58} = 538 \text{ об/мин.}$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 530$  об/мин

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 58 \cdot 530}{1000} = 96,524 \text{ м/мин.}$$

Крутящий момент

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot C_M \cdot D^q \cdot S^{Y_z} \cdot K_{MP},$$

где  $C_M$ ,  $Y_z$ ,  $q$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней

$$C_M = 0,0345;$$

$$Y_z = 0,8;$$

$$q = 2;$$

$K_{MP} = 1$  – коэффициент, учитывающий влияние качества заготовки

$$M_{\text{кр}} = 10 \cdot 0,0345 \cdot 58^2 \cdot 0,48^{0,8} \cdot 1 = 645,161 \text{ Нм,}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка.

Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{M_{\text{кр}} \cdot n}{9750}, (\text{кВт}) \quad (12)$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{645,161 \cdot 530}{9750} = 3,507$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

$$\text{где } N_{шп} = N_{пас} \cdot \eta,$$

$N_{пас}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

$$\text{Т.к. } N_{пас} = 11 \text{ кВт, } \eta = 0,75, \text{ то}$$

$$N_{шп} = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$N_{рез} = 3,507 < N_{шп} = 8,25$$

#### **Переход 4.** Расточить пов. 3, выдержав размер D1.2

$$\text{Глубина резания: } t = Z_{12}^c = 0,93 \text{ мм.}$$

Подача для данной глубины резания:

$$S = 1,2 \text{ мм/об}$$

Количество проходов:

$$i = 1$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (13)$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=60$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_v = 340$ ;  $m = 0,20$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ .

Коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$K_{MV} = 1; K_{ПV} = 1; K_{ИV} = 1.$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 0,93^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} \cdot 1 = 139,619 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 139,619}{3,14 \cdot 115} = 387 \text{ об/мин.}$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 380$  об/мин

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 380}{1000} = 137,218 \text{ м/мин.}$$

Составляющая силы  $P_Z$  определяется по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_Z} \cdot S^{Y_Z} \cdot V^{n_Z} \cdot K_{MP}, \quad (14)$$

где  $C_{PZ}$ ,  $X_Z$ ,  $Y_Z$ ,  $n_Z$ ,  $q$ ,  $W$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней

$$C_{PZ} = 300;$$

$$X_Z = 1,0;$$

$$Y_Z = 0,75;$$

$$n_Z = -0,15;$$

$K_{MP} = 1$  – коэффициент, учитывающий влияние качества заготовки

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,93^{1,00} \cdot 1,2^{0,75} \cdot 137,218^{-0,15} \cdot 1 = 1529 \text{ Н}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1000}, \text{ (кВт)} \quad (15)$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{1529 \cdot 137,218}{60 \cdot 1000} = 3,498$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}},$$

$$\text{где } N_{\text{шп}} = N_{\text{пас}} \cdot \eta,$$

$N_{\text{пас}}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

Т.к.  $N_{\text{пас}} = 11$  кВт,  $\eta = 0,75$ , то

$$N_{\text{шп}} = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{рез}} = 3,498 < N_{\text{шп}} = 8,25$$

**Переход 5.** Расточить тонко пов. 4, выдержав размер D1.3

Глубина резания:  $t = Z_{13}^c = 0,803$  мм.

Подача для данной глубины резания:

$$S = 1,2 \text{ мм/об}$$

Количество проходов:

$$i = 1$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (16)$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=60$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_v = 340$ ;  $m = 0,20$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ .

Коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где  $K_{MV}$ — коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$ — коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$  — коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$K_{MV}=1; K_{ПV} = 1; K_{ИV} = 1.$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 0,803^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} \cdot 1 = 142,728 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 142,728}{3,14 \cdot 115} = 395 \text{ об/мин.}$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 380$  об/мин

Действительная скорость резания:



$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 380}{1000} = 137,218 \text{ м/мин.}$$

Составляющая силы  $P_Z$  определяется по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_Z} \cdot S^{Y_Z} \cdot V^{n_Z} \cdot K_{MP}, \quad (17)$$

где  $C_{PZ}$ ,  $X_Z$ ,  $Y_Z$ ,  $n_Z$ ,  $q$ ,  $W$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней

$$C_{PZ} = 300;$$

$$X_Z = 1,0;$$

$$Y_Z = 0,75;$$

$$n_Z = -0,15;$$

$K_{MP} = 1$  – коэффициент, учитывающий влияние качества заготовки

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,803^{1,00} \cdot 1,2^{0,75} \cdot 137,218^{-0,15} \cdot 1 = 1320,113 \text{ Н}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1000}, (\text{кВт}) \quad (18)$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{1320,113 \cdot 137,218}{60 \cdot 1000} = 3,019$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}},$$

$$\text{где } N_{\text{шп}} = N_{\text{пас}} \cdot \eta,$$

$N_{\text{пас}}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

$$\text{Т.к. } N_{\text{пас}} = 11 \text{ кВт, } \eta = 0,75, \text{ то}$$

$$N_{\text{шп}} = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{рез}} = 3,019 < N_{\text{шп}} = 8,25$$

**Переход 6.** Расточить пов. 5, выдержав размер D1.4 и A1.2

Глубина резания:  $t = Z_{12}^c = 9,18 \text{ мм.}$

Подача для данной глубины резания:

$$S = 0,7 \text{ мм/об}$$

Количество проходов:

$$i = 10$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (19)$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=60$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_v = 340$ ;  $m = 0,20$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ .

Коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$K_{MV}=1; K_{ПV} = 1; K_{ИV} = 1.$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 9,18^{0,15} \cdot 0,7^{0,45}} \cdot 1 = 126,220 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 126,220}{3,14 \cdot 115} = 350 \text{ об/мин.}$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 340$  об/мин

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 340}{1000} = 122,774 \text{ м/мин.}$$

Составляющая силы  $P_Z$  определяется по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_z} \cdot S^{Y_z} \cdot V^{n_z} \cdot K_{MP}, \quad (20)$$

где  $C_{PZ}$ ,  $X_z$ ,  $Y_z$ ,  $n_z$ ,  $q$ ,  $W$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней

$$C_{PZ} = 300;$$

$$X_Z = 1,0;$$

$$Y_Z = 0,75;$$

$$n_Z = -0,15;$$

$K_{MP} = 1$  – коэффициент, учитывающий влияние качества заготовки

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,918^{1,00} \cdot 0,7^{0,75} \cdot 122,774^{-0,15} \cdot 1 = 1024,287 \text{ Н}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1000}, (\text{кВт}) \quad (21)$$

$$N_{рез} = \frac{1024,287 \cdot 122,774}{60 \cdot 1000} = 2,096$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

$$\text{где } N_{шп} = N_{пас} \cdot \eta,$$

$N_{пас}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

$$\text{Т.к. } N_{пас} = 11 \text{ кВт, } \eta = 0,75, \text{ то}$$

$$N_{шп} = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$N_{рез} = 2,096 < N_{шп} = 8,25$$

## Операция 2 - Токарная с ЧПУ

Материал режущего инструмента – Т15К6.

**Переход 1.** Подрезать торец б, выдержав р-р А2.1

Глубина резания:  $t = Z_{11}^c = 0,935 \text{ мм.}$

Подача для данной глубины резания:

$$S = 1,2 \text{ мм/об}$$

Количество проходов:

$$i = 1$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (22)$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=60$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_v = 340$ ;  $m = 0,20$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ .

Коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПВ} \cdot K_{ИВ},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПВ}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИВ}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$K_{MV}=1; K_{ПВ} = 1; K_{ИВ} = 1.$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 0,935^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} \cdot 1 = 139,508 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 139,508}{3,14 \cdot 115} = 386 \text{ об/мин.}$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 380$  об/мин

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 380}{1000} = 137,218 \text{ м/мин.}$$

Составляющая силы  $P_Z$  определяется по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_Z} \cdot S^{Y_Z} \cdot V^{n_Z} \cdot K_{MP}, \quad (23)$$

где  $C_{PZ}$ ,  $X_Z$ ,  $Y_Z$ ,  $n_Z$ ,  $q$ ,  $W$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней

$$C_{PZ} = 300;$$

$$X_Z = 1,0;$$

$$Y_Z = 0,75;$$

$$n_Z = -0,15;$$

$K_{MP} = 1$  – коэффициент, учитывающий влияние качества заготовки

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,935^{1,00} \cdot 1,2^{0,75} \cdot 137,218^{-0,15} \cdot 1 = 1537,118 \text{ Н}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1000}, (\text{кВт}) \quad (24)$$

$$N_{рез} = \frac{1537,118 \cdot 137,218}{60 \cdot 1000} = 3,515$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

где  $N_{шп} = N_{пас} \cdot \eta$ ,

$N_{пас}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

Т.к.  $N_{пас} = 11 \text{ кВт}$ ,  $\eta = 0,75$ , то

$$N_{шп} = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$N_{рез} = 3,515 < N_{шп} = 8,25$$

**Переход 2.** Точить пов. 7, выдерживая р-ры D2.1, A2.2

Глубина резания:  $t = Z_{11}^c = 1,125 \text{ мм}$ .

Подача для данной глубины резания:

$$S = 1,2 \text{ мм/об}$$

Количество проходов:

$$i = 1$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (25)$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=60 \text{ мин}$ .

Значения коэффициентов:  $C_v = 340$ ;  $m = 0,20$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ .

Коэффициент  $K_v$ :

$$K_V = K_{MV} \cdot K_{PV} \cdot K_{IV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{PV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{IV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$K_{MV} = 1; K_{PV} = 1; K_{IV} = 1.$$

$$K_V = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 1,125^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} \cdot 1 = 135,689 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 135,689}{3,14 \cdot 115} = 376 \text{ об/мин.}$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 380 \text{ об/мин}$

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 370}{1000} = 133,607 \text{ м/мин.}$$

Составляющая силы  $P_Z$  определяется по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_Z} \cdot S^{Y_Z} \cdot V^{n_Z} \cdot K_{MP}, \quad (26)$$

где  $C_{PZ}$ ,  $X_Z$ ,  $Y_Z$ ,  $n_Z$ ,  $q$ ,  $W$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней

$$C_{PZ} = 300;$$

$$X_Z = 1,0;$$

$$Y_Z = 0,75;$$

$$n_Z = -0,15;$$

$K_{MP} = 1$  – коэффициент, учитывающий влияние качества заготовки

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1,125^{1,00} \cdot 1,2^{0,75} \cdot 133,607^{-0,15} \cdot 1 = 1856,886 \text{ Н}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1000}, (\text{кВт}) \quad (27)$$

$$N_{рез} = \frac{1856,886 \cdot 133,607}{60 \cdot 1000} = 4,135$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

где  $N_{шп} = N_{пас} \cdot \eta$ ,

$N_{пас}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

Т.к.  $N_{пас} = 11$  кВт,  $\eta = 0,75$ , то

$$N_{шп} = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$N_{рез} = 4,135 < N_{шп} = 8,25$$

**Переход 3.** Точить фаску под углом  $45^\circ$  выдерживая размер А2.3

Точить фаску под углом  $45^\circ$  выдерживая размер А2.3

Глубина резания:  $t = Z_{11}^c = 1$  мм.

Подача для данной глубины резания:

$$S = 1,2 \text{ мм/об}$$

Количество проходов:

$$i = 1$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (28)$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=60$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_v = 340$ ;  $m = 0,20$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ .

Коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$K_{MV}=1; K_{ПV} = 1; K_{IV} =1.$$

$$K_V = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 1^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} \cdot 1 = 139,508 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 139,508}{3,14 \cdot 115} = 386 \text{ об/мин.}$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 380 \text{ об/мин}$

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 380}{1000} = 137,218 \text{ м/мин.}$$

Составляющая силы  $P_Z$  определяется по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_Z} \cdot S^{Y_Z} \cdot V^{n_Z} \cdot K_{MP}, \quad (29)$$

где  $C_{PZ}$ ,  $X_Z$ ,  $Y_Z$ ,  $n_Z$ ,  $q$ ,  $W$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней

$$C_{PZ} = 300;$$

$$X_Z = 1,0;$$

$$Y_Z = 0,75;$$

$$n_Z = -0,15;$$

$K_{MP} = 1$  – коэффициент, учитывающий влияние качества заготовки

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1^{1,00} \cdot 1,2^{0,75} \cdot 137,218^{-0,15} \cdot 1 = 1537,118 \text{ Н}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1000}, \text{ (кВт)} \quad (30)$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{1537,118 \cdot 137,218}{60 \cdot 1000} = 3,515$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:



$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

$$\text{где } N_{шп} = N_{пас} \cdot \eta,$$

$N_{пас}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

$$\text{Т.к. } N_{пас} = 11 \text{ кВт, } \eta = 0,75, \text{ то}$$

$$N_{шп} = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$N_{рез} = 3,515 < N_{шп} = 8,25$$

**Переход 4.** Точить предварительно пов. 6, выдерживая р-ры D2.2,

Глубина резания:  $t = Z_{22}^c = 2,535 \text{ мм.}$

Подача для данной глубины резания:

$$S = 1,2 \text{ мм/об}$$

Количество проходов

$$i = 2$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (31)$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=60 \text{ мин.}$

Значения коэффициентов:  $C_v = 340$ ;  $m = 0,20$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ .

Коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$K_{MV} = 1; K_{ПV} = 1; K_{ИV} = 1.$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 1,268^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} \cdot 1 = 120,121 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 120,121}{3,14 \cdot 110,84} = 345 \text{ об/мин.}$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 340 \text{ об/мин.}$

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 340}{1000} = 122,774 \text{ м/мин.}$$

Составляющая силы  $P_Z$  определяется по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_Z} \cdot S^{Y_Z} \cdot V^{n_Z} \cdot K_{MP}, \quad (32)$$

где  $C_{PZ}$ ,  $X_Z$ ,  $Y_Z$ ,  $n_Z$ ,  $q$ ,  $W$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней

$$C_{PZ} = 300;$$

$$X_Z = 1,0;$$

$$Y_Z = 0,75;$$

$$n_Z = -0,15;$$

$K_{MP} = 1$  – коэффициент, учитывающий влияние качества заготовки

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1,268^{1,00} \cdot 1,2^{0,75} \cdot 122,774^{-0,15} \cdot 1 = 2119,632 \text{ Н}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1000}, \quad (\text{кВт}) \quad (33)$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{2119,632 \cdot 122,774}{60 \cdot 1000} = 4,337$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}},$$

$$\text{где } N_{\text{шп}} = N_{\text{пас}} \cdot \eta,$$

$N_{\text{пас}}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

Т.к.  $N_{\text{пас}} = 11 \text{ кВт}$ ,  $\eta = 0,75$ , то

$$N_{\text{шп}} = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$N_{рез} = 4,337 < N_{шп} = 8,25$$

**Переход 5.** Точить пов. 6, выдерживая р-ры D2.3.

Глубина резания:  $t = Z_{23}^c = 0,945$  мм.

Подача для данной глубины резания:

$$S = 1,2 \text{ мм/об}$$

Количество проходов:

$$i = 1$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (34)$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=60$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_v = 340$ ;  $m = 0,20$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ .

Коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$K_{MV}=1; K_{ПV} = 1; K_{ИV} =1.$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 0,945^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} \cdot 1 = 139,284 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 139,284}{3,14 \cdot 106,56} = 416 \text{ об/мин}$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 400$  об/мин

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 106,56 \cdot 400}{1000} = 133,839 \text{ м/мин.}$$

Составляющая силы  $P_Z$  определяется по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_Z} \cdot S^{Y_Z} \cdot V^{n_Z} \cdot K_{MP}, \quad (35)$$

где  $C_{PZ}$ ,  $X_Z$ ,  $Y_Z$ ,  $n_Z$ ,  $q$ ,  $W$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней

$$C_{PZ} = 300;$$

$$X_Z = 1,0;$$

$$Y_Z = 0,75;$$

$$n_Z = -0,15;$$

$K_{MP} = 1$  – коэффициент, учитывающий влияние качества заготовки

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 0,945^{1,00} \cdot 1,2^{0,75} \cdot 133,839^{-0,15} \cdot 1 = 1559,379 \text{ Н}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{\text{рез}} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1000}, \text{ (кВт)} \quad (36)$$

$$N_{\text{рез}} = \frac{1559,379 \cdot 133,839}{60 \cdot 1000} = 3,478$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{\text{рез}} \leq N_{\text{шп}},$$

$$\text{где } N_{\text{шп}} = N_{\text{пас}} \cdot \eta,$$

$N_{\text{пас}}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

Т.к.  $N_{\text{пас}} = 11 \text{ кВт}$ ,  $\eta = 0,75$ , то

$$N_{\text{шп}} = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$N_{\text{рез}} = 3,478 < N_{\text{шп}} = 8,25$$

**Переход 6.** Точить фаску под углом  $45^\circ$  выдерживая размер A2.4

Глубина резания:  $t = Z_{11}^c = 1 \text{ мм}$ .

Подача для данной глубины резания:

$$S = 1,2 \text{ мм/об}$$

Количество проходов:

$$i = 1$$

Скорость резания определяется по формуле:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v \quad (37)$$

Период стойкости инструмента принимаем:  $T=60$  мин.

Значения коэффициентов:  $C_v = 340$ ;  $m = 0,20$ ;  $x = 0,15$ ;  $y = 0,45$ .

Коэффициент  $K_v$ :

$$K_v = K_{MV} \cdot K_{ПV} \cdot K_{ИV},$$

где  $K_{MV}$  – коэффициент, учитывающий качество обрабатываемого материала;

$K_{ПV}$  – коэффициент, отражающий состояние поверхности заготовки;

$K_{ИV}$  – коэффициент, учитывающий качество материала инструмента.

$$K_{MV}=1; K_{ПV} = 1; K_{ИV} = 1.$$

$$K_v = 1 \cdot 1 \cdot 1 = 1.$$

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{340}{60^{0,20} \cdot 1^{0,15} \cdot 1,2^{0,45}} \cdot 1 = 139,508 \text{ м/мин}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 139,508}{3,14 \cdot 115} = 386 \text{ об/мин}$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 380$  об/мин

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 115 \cdot 380}{1000} = 137,218 \text{ м/мин}$$

Составляющая силы  $P_Z$  определяется по формуле:

$$P_Z = 10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_Z} \cdot S^{Y_Z} \cdot V^{n_Z} \cdot K_{MP}, \quad (38)$$

где  $C_{PZ}$ ,  $X_Z$ ,  $Y_Z$ ,  $n_Z$ ,  $q$ ,  $W$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней

$$C_{PZ} = 300;$$

$$X_Z = 1,0;$$

$$Y_Z = 0,75;$$

$$n_Z = -0,15;$$

$K_{MP} = 1$  – коэффициент, учитывающий влияние качества заготовки

$$P_Z = 10 \cdot 300 \cdot 1^{1,00} \cdot 1,2^{0,75} \cdot 137,218^{-0,15} \cdot 1 = 1537,118 \text{ Н}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1000}, (\text{кВт}) \quad (39)$$

$$N_{рез} = \frac{1537,118 \cdot 137,218}{60 \cdot 1000} = 3,515$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

где  $N_{шп} = N_{пас} \cdot \eta$ ,

$N_{пас}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

Т.к.  $N_{пас} = 11 \text{ кВт}$ ,  $\eta = 0,75$ , то

$$N_{шп} = 11 \cdot 0,75 = 8,25 \text{ кВт}$$

$$N_{рез} = 3,515 < N_{шп} = 8,25$$

### **Операция 3 - Фрезерная с ЧПУ**

Материал режущего инструмента – Т15К6.

**Переход 1.** Фрезеровать пов. 7, выдерживая р-ры А3.1, А3.2, А3.3, А3.4

Глубина резания:  $t = Z_{32}^c = 3,5 \text{ мм}$ .

Подача:  $S = 0,1 \text{ мм/зуб}$ .

Количество проходов:

$$i = 1$$

Скорость резания, м/мин., формула:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y B^u z^p} K_v; \quad (40)$$

Коэффициенты и показатели степени:

$C_v = 145$ ;  $q = 0,44$ ;  $x = 0,24$ ;  $y = 0,26$ ;  $u = 0,10$ ;  $p = 0,13$ ;  $m = 0,37$ .

Общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{MV} * K_{IV} * K_{LV} * K_{ПV}$$

$K_{MV} = 1$ ;  $K_{IV} = 1$ ;  $K_{LV} = 1$ ,  $K_{ПV} = 1$ .

$$K_v = K_{MV} * K_{IV} * K_{LV} * K_{ПV} = 1 * 1 * 1 * 1 = 1$$

Стойкость инструмента:  $T = 80$  мин.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{145 * 6^{0,44}}{80^{0,37} * 3,5^{0,24} * 0,1^{0,26} * 6^{0,1} * 4^{0,13}} * 1 = 59 \text{ м/мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 59}{3,14 \cdot 6} = 3132 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 3100$  об/мин.

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 3100}{1000} = 58,404 \text{ м/мин.}$$

Составляющая  $P_Z$  силы резания может быть получена в виде эмпирической зависимости [7] :

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_Z} \cdot S^{Y_Z} \cdot B^{U_Z} \cdot z}{D^q \cdot n^W} \cdot K_{MP}, \quad (41)$$

где  $C_{PZ}$ ,  $X_Z$ ,  $Y_Z$ ,  $U_Z$ ,  $q$ ,  $W$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней [7] (стр. 291, табл. 41):

$C_{PZ} = 825$ ;

$X_Z = 1$ ;

$Y_Z = 0,75$ ;

$U_Z = 1,1$ ;

$q = 1,3$ ;

$$W = 0,2;$$

$K_{MP}$  – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки,  
 $K_{MP} = 1$ ;

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_z} \cdot S^{Y_z} \cdot B^{U_z} \cdot z}{D^q \cdot n^W} \cdot K_{MP} =$$

$$= \frac{10 \cdot 825 \cdot 3,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 6^{1,1} \cdot 4}{6^{1,3} \cdot 3100^{0,2}} \cdot 1 = 2875,275 \text{ Н}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1000}, (\text{кВт}), \quad (42)$$

$$N_{рез} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1000} = \frac{2875,275 \cdot 58,404}{60 \cdot 1000} = 2,799$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

$$\text{где } N_{шп} = N_{пас} \cdot \eta,$$

$N_{пас}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

Т.к.  $N_{пас} = 21 \text{ кВт}$ ,  $\eta = 0,75$ , то

$$N_{шп} = 21 \cdot 0,75 = 15,75 \text{ кВт}$$

$$N_{рез} = 2,799 < N_{шп} = 15,75$$

**Переход 2.** Повторить 7 раз с шагом  $45^\circ$

Глубина резания:  $t = Z_{32}^c = 3,5 \text{ мм}$ .

Подача:  $S = 0,1 \text{ мм/зуб}$ .

Количество проходов:

$$i = 7$$

Скорость резания, м/мин., формула:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y B^u z^p} K_v; \quad (43)$$

Коэффициенты и показатели степени:



$C_v = 145$ ;  $q = 0,44$ ;  $x = 0,24$ ;  $y = 0,26$ ;  $u = 0,10$ ;  $p = 0,13$ ;  $m = 0,37$ .

Общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{MV} * K_{IV} * K_{LV} * K_{ПV}$$

$K_{MV} = 1$ ;  $K_{LV} = 1$ ;  $K_{IV} = 1$ ,  $K_{ПV} = 1$ .

$$K_v = K_{MV} * K_{IV} * K_{LV} * K_{ПV} = 1 * 1 * 1 * 1 = 1$$

Стойкость инструмента:  $T = 80$  мин.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{145 * 6^{0,44}}{80^{0,37} * 3,5^{0,24} * 0,1^{0,26} * 6^{0,1} * 4^{0,13}} * 1 = 59 \text{ м/мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 59}{3,14 \cdot 6} = 3132 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 3100$  об/мин.

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 3100}{1000} = 58,404 \text{ м/мин.}$$

Составляющая  $P_Z$  силы резания может быть получена в виде эмпирической зависимости [7] :

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_Z} \cdot S^{Y_Z} \cdot B^{U_Z} \cdot Z}{D^q \cdot n^W} \cdot K_{MP}, \quad (44)$$

где  $C_{PZ}$ ,  $X_Z$ ,  $Y_Z$ ,  $U_Z$ ,  $q$ ,  $W$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней [7] (стр. 291, табл. 41):

$$C_{PZ} = 825;$$

$$X_Z = 1;$$

$$Y_Z = 0,75;$$

$$U_Z = 1,1;$$

$$q = 1,3;$$

$$W = 0,2;$$

$K_{MP}$  – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки,  
 $K_{MP} = 1$ ;

$$P_z = \frac{10 \cdot C_{PZ} \cdot t_z^{X_z} \cdot S_z^{Y_z} \cdot B_z^{U_z} \cdot z}{D^q \cdot n^W} \cdot K_{MP} =$$

$$= \frac{10 \cdot 825 \cdot 3,5^1 \cdot 0,1^{0,75} \cdot 6^{1,1} \cdot 4}{6^{1,3} \cdot 3100^{0,2}} \cdot 1 = 2875,275 \text{ Н}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1000}, (\text{кВт}), \quad (45)$$

$$N_{рез} = \frac{P_z \cdot V}{60 \cdot 1000} = \frac{2875,275 \cdot 58,404}{60 \cdot 1000} = 2,799$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

где  $N_{шп} = N_{пас} \cdot \eta$ ,

$N_{пас}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

Т.к.  $N_{пас} = 21 \text{ кВт}$ ,  $\eta = 0,75$ , то

$$N_{шп} = 21 \cdot 0,75 = 15,75 \text{ кВт}$$

$$N_{рез} = 2,799 < N_{шп} = 15,75$$

#### Операция 4 - Фрезерная с ЧПУ

Материал режущего инструмента – Т15К6.

**Переход 1.** Фрезеровать зубья колеса выдержав размер D4.1

Глубина резания:  $t = 4,375 \text{ мм}$ .

Подача:  $S = 0,08 \text{ мм/зуб}$ .

Количество проходов:

$$i = 58$$

Скорость резания, м/мин., формула:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y B^u z^p} K_v; \quad (46)$$

Коэффициенты и показатели степени:

$C_v = 145; q = 0,44; x = 0,24; y = 0,26; u = 0,10; p = 0,13; m = 0,37.$

Общий поправочный коэффициент:

$$K_v = K_{MV} * K_{IV} * K_{LV} * K_{ПV}$$

$K_{MV} = 1; K_{LV} = 1; K_{IV} = 1, K_{ПV} = 1.$

$$K_v = K_{MV} * K_{IV} * K_{LV} * K_{ПV} = 1 * 1 * 1 * 1 = 1$$

Стойкость инструмента:  $T = 80$  мин.

Скорость резания:

$$V = \frac{C_v D^q}{T^m t^x S^y} K_v = \frac{145 * 6^{0,44}}{80^{0,37} * 4,375^{0,24} * 0,08^{0,26} * 6^{0,1} * 4^{0,13}} * 1 = 60 \text{ м/мин.}$$

Расчётное число оборотов шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D} = \frac{1000 \cdot 60}{3,14 \cdot 6} = 3185 \frac{\text{об}}{\text{мин}},$$

Поскольку подача выбранного станка регулируется бесступенчато, принимаем  $n = 3100$  об/мин.

Действительная скорость резания:

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} = \frac{3,14 \cdot 6 \cdot 3100}{1000} = 58,404 \text{ м/мин.}$$

Составляющая  $P_Z$  силы резания может быть получена в виде эмпирической зависимости [7] :

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_{PZ} \cdot t^{X_Z} \cdot S^{Y_Z} \cdot B^{U_Z} \cdot Z}{D^q \cdot n^W} \cdot K_{MP}, \quad (47)$$

где  $C_{PZ}$ ,  $X_Z$ ,  $Y_Z$ ,  $U_Z$ ,  $q$ ,  $W$  – эмпирические коэффициент и показатели степеней [7] (стр. 291, табл. 41):

$$C_{PZ} = 825;$$

$$X_Z = 1;$$

$$Y_Z = 0,75;$$

$$U_Z = 1,1;$$

$$q = 1,3;$$

$$W = 0,2;$$

$K_{MP}$  – коэффициент, учитывающий влияние материала заготовки,  
 $K_{MP} = 1$ ;

$$P_Z = \frac{10 \cdot C_{PZ} \cdot t_z^{X_z} \cdot S_z^{Y_z} \cdot B_z^{U_z} \cdot z}{D^q \cdot n^W} \cdot K_{MP} =$$

$$= \frac{10 \cdot 825 \cdot 4,375^1 \cdot 0,08^{0,75} \cdot 6^{1,1} \cdot 4}{6^{1,3} \cdot 3100^{0,2}} \cdot 1 = 3040,233 \text{ Н}$$

Теперь необходимо проверить мощность предварительно выбранного станка. Эффективную мощность, затрачиваемую на резание, рассчитывают по формуле:

$$N_{рез} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1000}, (\text{кВт}), \quad (48)$$

$$N_{рез} = \frac{P_Z \cdot V}{60 \cdot 1000} = \frac{3040,233 \cdot 58,404}{60 \cdot 1000} = 2,959$$

Полученный результат сравнивают с паспортной мощностью:

$$N_{рез} \leq N_{шп},$$

где  $N_{шп} = N_{пас} \cdot \eta$ ,

$N_{пас}$  – мощность по паспорту станка,

$\eta$  – КПД по паспорту станка.

Т.к.  $N_{пас} = 21 \text{ кВт}$ ,  $\eta = 0,75$ , то

$$N_{шп} = 21 \cdot 0,75 = 15,75 \text{ кВт}$$

$$N_{рез} = 2,959 < N_{шп} = 15,75$$

## 1.8 Выбор средств технологического оснащения

### Ленточнопильный станок Века-Мак BMSY 440 DGH

Основные данные:

Наибольший диаметр отрезаемой заготовки круглого сечения (угол реза 90 град), мм:	440
Параметры инструмента Ножовочное полотно	Межцетровое расстояние 450;500мм.
Наибольший диаметр отрезаемой заготовки круглого сечения (угол реза 45 град), мм:	410
Наибольший размер отрезаемой заготовки квадратного сечения (угол реза 90 град), мм	440
Наибольший размер отрезаемой заготовки прямоугольного сечения(угол реза 45 град), мм	410
Скорость ленточнопильного полотна, м/мин	20...100
Длина пильного полотна, мм	5200*34*1,1
Мощность привода главного движения, кВт	3,0
Мощность гидронасоса, кВт	0,55
Привод подачи СОЖ, кВт	0,12
Высота рабочей поверхности, мм	860
Габаритные размеры, мм	1870*1210*2800
Масса, кг	1640

### Токарный станок с ЧПУ Модель:DMC DL 6G

Основные данные:

Макс. диаметр заготовки устанавливаемый над станиной, мм	Ø490
Макс. диаметр точения, мм	Ø170
Макс. длина точения, мм	240
Макс. диаметр обрабатываемого прутка, мм	Ø44
Частота вращения шпинделя, об/мин	6000
Присоединительный торец шпинделя, ASA	A2-5
Диаметр подшипников шпинделя (передний/задний), мм	Ø80/Ø80
Диаметр сквозного отверстия в шпинделе, мм	Ø55
Макс. крутящий момент, кгс×м	11.3
Привод шпинделя	ременный
Размер патрона, мм	Ø150 (6'')
Перемещение по оси X, мм	420
Перемещение по оси Z, мм	250

Ускоренное перемещение по оси X, м/мин	30
Ускоренное перемещение по оси Z, м/мин	36
Тип направляющих	ласточкин хвост
Мощность двигателя шпинделя, кВт	11/15
Длина × ширина, мм	2050x1420
Высота, мм	1535
Вес, кг	2500

## Универсальный фрезерный станок

### Модель: DMU 50

Основные данные:

Рабочая зона, ход по X/Y/Z, мм	500/450/400
Главный шпиндель	
Скорость вращения, об/мин	20-10000
Мощность привода, кВт (продолжительность включения 100%/40%)	9/13
Крутящий момент, Нм (продолжительность включения 40%)	83
Ускоренный ход	
Ускоренный ход по X/Y/Z, м/мин	24
Усилие подачи (X/Y/Z), кН	4,8
Неподвижный стол	
Рабочая зона, мм	700x500
Максимальная нагрузка на стол, кг	500
Устройство смены инструмента	
Количество мест в магазине	16
Масса инструмента, кг	6
Максимальная длина инструмента, мм	300
Максимальный диаметр инструмента, мм	80/130
Цепное устройство смены инструмента	
Количество мест в магазине	30/60
Максимальная длина инструмента, мм	300
Максимальный диаметр инструмента, мм	80/130
Масса инструмента, кг	6
Масса станка/ потребляемая мощность	
Масса, кг	4480
Мощность, кВт	21
Максимальный номинальный ток, А	31

## 1.9 Определение норм времени

Технической нормой времени называется время, необходимое для выполнения технологической операции в конкретных производственных условиях.

Нормирование технологических переходов необходимо, для предсказания (расчета) времени изготовления каждой детали, сборки изделия и времени, за которое изделие будет готово. Так же нормы времени иногда нужны при расчете заработной платы работников, при условии, что они работают по сдельной форме оплаты труда.

### 1.9.1 Расчет основного времени

#### Операция 1 - Токарная с ЧПУ

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m}, \quad (49)$$

где  $l$  - длина обрабатываемой поверхности, мм;

$l_{вр}$  - длина врезания инструмента в заготовку, мм;

$l_{пер}$  - длина перебега инструмента, мм;

$l_{подв}$  - длина подвода инструмента к заготовке, мм ( $1 \div 3$  мм);

$i$  - число рабочих ходов;

$S_m$  - минутная подача, мм/мин.

Переход №1:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(57,5 + 2 + 0 + 3) \cdot 1}{1,2 \cdot 386} = 0,14 \text{ мин.}$$

Переход №2:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(16 + 2 + 0 + 3) \cdot 1}{0,25 \cdot 60} = 1,4 \text{ мин.}$$

Переход №3:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_m} = \frac{(16 + 2 + 3 + 3) \cdot 1}{0,48 \cdot 538} = 0,09 \text{ мин.}$$

Переход №4:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_M} = \frac{(16 + 2 + 3 + 3) \cdot 1}{1,2 \cdot 387} = 0,05 \text{ мин.}$$

Переход №5:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_M} = \frac{(16 + 2 + 3 + 3) \cdot 1}{1,2 \cdot 395} = 0,05 \text{ мин.}$$

Переход №6:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_M} = \frac{(15 + 2 + 0 + 3) \cdot 1}{0,7 \cdot 350} = 0,08 \text{ мин.}$$

## Операция 2 - Токарная с ЧПУ

Переход №1:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_M} = \frac{(57,5 + 2 + 0 + 3) \cdot 1}{1,2 \cdot 386} = 0,14 \text{ мин.}$$

Переход №2:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_M} = \frac{(1 + 2 + 0 + 3) \cdot 1}{1,2 \cdot 386} = 0,01 \text{ мин.}$$

Переход №3:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_M} = \frac{(15 + 2 + 0 + 3) \cdot 1}{1,2 \cdot 376} = 0,04 \text{ мин.}$$

Переход №4:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_M} = \frac{(15 + 2 + 3 + 3) \cdot 1}{1,2 \cdot 345} = 0,06 \text{ мин.}$$

Переход №5:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_M} = \frac{(15 + 2 + 3 + 3) \cdot 1}{1,2 \cdot 416} = 0,05 \text{ мин.}$$

Переход №6:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_M} = \frac{(1 + 2 + 0 + 3) \cdot 1}{1,2 \cdot 386} = 0,01 \text{ мин.}$$

## Операция 3 - Фрезерная с ЧПУ

Переход №1:



$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_M} = \frac{(14 + 2 + 0 + 3) \cdot 1}{0,1 \cdot 4 \cdot 3132} = 0,02 \text{ мин.}$$

Переход №2:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_M} = \frac{(14 + 2 + 0 + 3) \cdot 7}{0,1 \cdot 4 \cdot 3132} = 0,11 \text{ мин.}$$

#### Операция 4 - Фрезерная с ЧПУ

Переход №1:

$$t_o = \frac{(l + l_{вр} + l_{пер} + l_{подв}) \cdot i}{S_M} = \frac{(15 + 2 + 3 + 3) \cdot 58}{0,08 \cdot 4 \cdot 3185} = 1,31 \text{ мин.}$$

### 1.9.2 Определение норм вспомогательного времени для каждой операции

Для определения норм вспомогательного времени воспользуемся имеющимися рекомендациями [Общемашиностроительные нормативы].

Вспомогательное время для заготовительной операции будет складываться из времени на установку и снятие детали, управление станком, время на перемещение частей станка, а также время на измерение детали.

Вспомогательное время:

$$t_{всп} = t_{уст} + t_{упр} + t_{пер} + t_{изм}, \quad (50)$$

Операция 000 - Заготовительная:

$$t_{всп} = (t_{уст} + t_{упр} + t_{пер} + t_{изм}) = (0,3 + 0,1 + 0,1 + 0,18) = 0,68 \text{ мин.}$$

Операция 005 - Токарная с ЧПУ:

$$\begin{aligned} t_{всп} &= t_{уст} + t_{упр} + t_{пер} + t_{изм} + t_{с.и} = \\ &= 0,3 + 0,2 + 0,4 + 0,36 + 0,1 \cdot 4 = 1,66 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Операция 010 - Токарная с ЧПУ:

$$\begin{aligned} t_{всп} &= t_{уст} + t_{упр} + t_{пер} + t_{изм} + t_{с.и} = \\ &= 0,3 + 0,2 + 0,3 + 0,36 + 0,1 \cdot 4 = 1,56 \text{ мин.} \end{aligned}$$

Операция 015 - Фрезерная с ЧПУ:

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} =$$

$$= 0,3 + 0,4 + 1,4 + 0,46 + 0,1 * 8 = 3,36 \text{ мин.}$$

Операция 020 - Фрезерная с ЧПУ:

$$t_{\text{всп}} = t_{\text{уст}} + t_{\text{упр}} + t_{\text{пер}} + t_{\text{изм}} + t_{\text{с.и}} =$$

$$= 0,3 + 0,4 + 2,44 + 1,14 + 0,1 * 58 = 7,18 \text{ мин.}$$

### 1.9.3 Расчет оперативного времени

Оперативное время рассчитывают по формуле:

$$t_{\text{оп}} = \sum t_o + t_{\text{всп}}. \quad (51)$$

Найдем оперативное время для каждой операции:

$$t_{\text{оп}}^{000} = \sum t_o + t_{\text{всп}} = 0,08 + 0,68 = 0,76 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{оп}}^{005} = \sum t_o + t_{\text{всп}} = 1,83 + 1,66 = 3,49 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{оп}}^{010} = \sum t_o + t_{\text{всп}} = 0,29 + 1,56 = 1,85 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{оп}}^{015} = \sum t_o + t_{\text{всп}} = 0,13 + 3,36 = 3,49 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{оп}}^{020} = \sum t_o + t_{\text{всп}} = 1,31 + 7,18 = 8,49 \text{ мин.}$$

### 1.9.4. Расчет времени на обслуживание и отдых

Время на обслуживание и отдых:

$$T_{\text{o.o}} = T_{\text{опер}} * 15\%$$

$$t_{\text{o.o}}^{000} = 0,76 * 15\% = 0,11 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{o.o}}^{005} = 3,49 * 15\% = 0,52 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{o.o}}^{010} = 1,85 * 15\% = 0,27 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{o.o}}^{015} = 3,49 * 15\% = 0,52 \text{ мин.};$$

$$t_{\text{o.o}}^{020} = 8,49 * 15\% = 1,27 \text{ мин.}$$

Время перерывов расходуется на отдых и личные надобности.

### 1.9.5. Расчет подготовительно-заключительного времени

В состав подготовительно-заключительного времени входит:

- Время на наладку станка и установки приспособлений [3, стр. 216]

- Время на дополнительные приемы [3, стр.217]

- Величину подготовительно-заключительного времени для каждой операции определяем на основании рекомендаций:

$$t_{пз}^{000} = 18 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{005} = 18 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{010} = 18 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{015} = 24 \text{ мин};$$

$$t_{пз}^{020} = 24 \text{ мин};$$

### 1.9.6. Расчет штучного времени

Штучное время:

$$T_{шт} = T_o + T_{всп} + T_{o.o}$$

Тогда штучное время по формуле определим как:

$$t_{шт.}^{000} = t_{оп}^{000} + t_{всп}^{000} + t_{o.o}^{000} = 0,76 + 0,68 + 0,11 = 1,55 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^{005} = t_{оп}^{000} + t_{всп}^{000} + t_{o.o}^{000} = 3,49 + 1,66 + 0,52 = 5,67 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^{010} = t_{оп}^{000} + t_{всп}^{000} + t_{o.o}^{000} = 1,85 + 1,56 + 0,27 = 3,68 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^{015} = t_{оп}^{000} + t_{всп}^{000} + t_{o.o}^{000} = 3,49 + 3,36 + 0,52 = 7,37 \text{ мин};$$

$$t_{шт.}^{020} = t_{оп}^{000} + t_{всп}^{000} + t_{o.o}^{000} = 8,49 + 7,18 + 1,27 = 16,94 \text{ мин};$$

### 1.9.7 Определение штучно-калькуляционного времени

Штучно-калькуляционное время операции определяется как:

$$t_{шт.к.} = t_{шт.} + \frac{t_{пз}}{N}, \quad (52)$$

где  $t_{шт}$  - штучное время, мин;

$t_{пз}$  - подготовительно заключительное время, мин;

$N$  - число деталей в партии, шт.

Тогда величину штучно-калькуляционного времени по формуле определим как:

$$t_{шт.к.}^{000} = t_{шт.}^{000} + \frac{t_{пз}^{000}}{N} = 1,55 + \frac{18}{5000} = 1,554 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^{005} = t_{\text{шт.}}^{005} + \frac{t_{\text{пз}}^{005}}{N} = 5,67 + \frac{18}{5000} = 5,674 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^{010} = t_{\text{шт.}}^{010} + \frac{t_{\text{пз}}^{010}}{N} = 3,68 + \frac{18}{5000} = 3,684 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^{015} = t_{\text{шт.}}^{015} + \frac{t_{\text{пз}}^{015}}{N} = 7,37 + \frac{24}{5000} = 7,375 \text{ мин};$$

$$t_{\text{шт.к.}}^{020} = t_{\text{шт.}}^{020} + \frac{t_{\text{пз}}^{020}}{N} = 16,94 + \frac{24}{5000} = 16,945 \text{ мин}.$$

### **Вывод по разделу:**

В технологической части был определен тип производства (крупносерийное), произведен анализ технологичности конструкции детали и выбор исходной заготовки. Затем был разработан маршрутный технологический процесс и выполнен его размерный анализ. Выбрано оборудование, рассчитаны режимы резания и произведено нормирование технологических операций.

## **2. Конструкторский раздел**

### **2.1 Анализ исходных данных**

В качестве операции для проектирования оснастки была выбрана фрезерная операция.

Техническое задание на проектирование специального приспособления приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Техническое задание на проектирование специального приспособления.

Раздел	Содержание раздела
Наименование и область применения	Приспособление для установки и закрепления детали «Колесо зубчатое» на фрезерном станке модели DMU 50
Основание для разработки	Операционная карта технологического процесса механической обработки детали «Колесо зубчатое».
Цель и назначение разработки	Проектируемое приспособление должно обеспечить: точную установку и надежное закрепление заготовки «Колесо зубчатое» с целью получения необходимой точности размеров; удобство установки, закрепления и снятия заготовки.
Технические (тактико-технические) требования	Тип производства – крупносерийное Программа выпуска - 5000 шт. в год. Установочные и присоединительные размеры приспособления должны соответствовать станку модели DMU 50
Документация, подлежащая разработке	Пояснительная записка (раздел - конструкторская часть), чертеж общего вида для технического проекта специального приспособления, спецификация, принципиальная схема сборки специального приспособления.

### **2.2 Разработка принципиальной расчетной схемы и компоновка приспособления**

Имея технические решения и исходные данные, представленные в техническом задании, приступаем к проектированию приспособления. Цель данного раздела – создать работоспособную, экономичную в изготовлении и отвечающую всем требованиям конструкцию приспособления.

Перед разработкой принципиальной схемы и перед компоновкой приспособления, необходимо определить относительно каких поверхностей заготовки будет происходить ее фиксация во время обработки на станке. Изобразим принципиальную схему зажима заготовки в приспособлении с указанием мест приложения силы зажима (рис. 3).

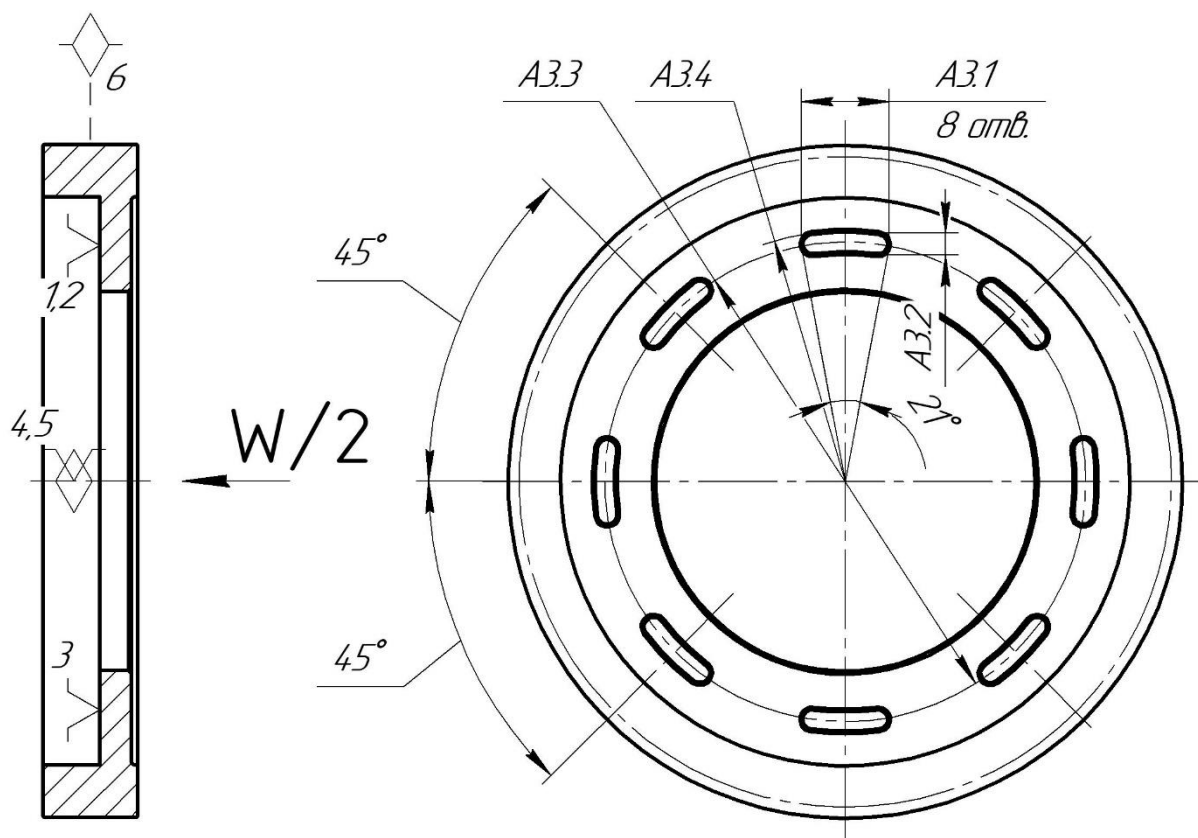


Рис. 3 – Принципиальная схема зажима заготовки в приспособлении с указанием мест приложения силы зажима.

### 2.3 Описание конструкции и работы приспособления

Приспособление применяется для точной установки и надежного закрепления заготовки при обработке на универсальном фрезерном станке модели DMU 50. Приспообление для фрезеровки Сборочный чертеж приспособления приведен на листе формата A1, представлен в Приложении.

Приспособление состоит из корпуса (3), на котором смонтированы все узлы приспособления. Заготовка устанавливается на оправку 6 и зажимается съёмной шайбой 11. Прижимная сила создается давлением воздуха, который

подается в штоковую полость пневмокамеры 3. Давление воздуха передается на съёмную шайбу штоком

Поверхности установочных деталей должны обладать большой износоустойчивостью. Поэтому их обычно изготавливают из сталей 15 и 20 с цементацией на глубину 0,8-1,2 мм и с последующей закалкой до твердости HRC50...55.

## 2.4 Определение необходимой силы зажима

На основе принятой схемы компоновки разрабатываем принципиальную схему расчета приспособления (рис. 4), учитывающий тип, число и размеры установочных и зажимных устройств.

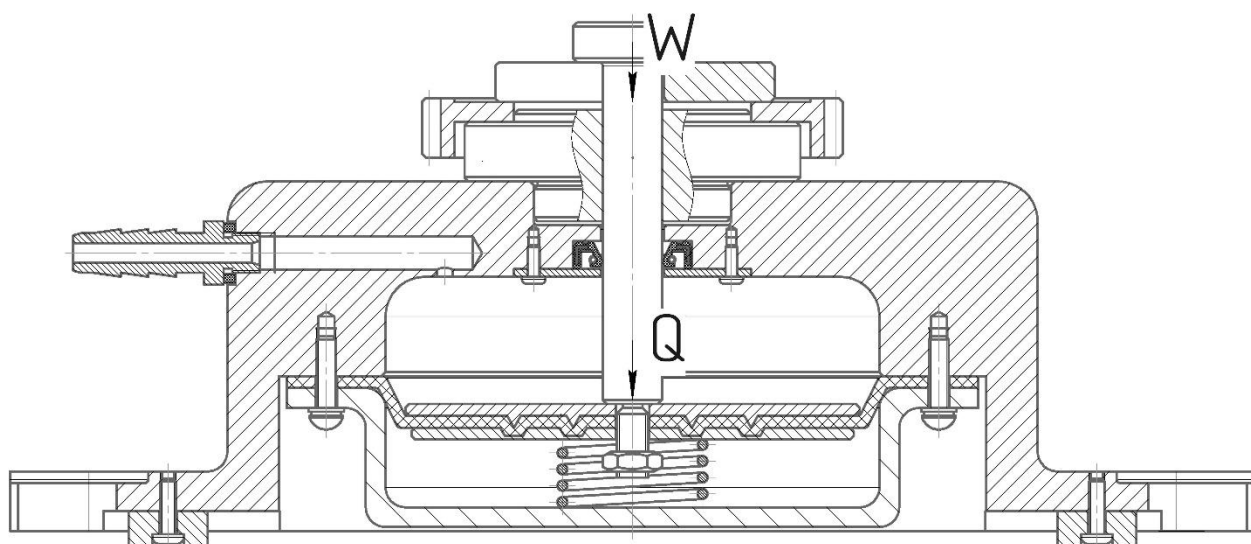


Рис. 4 – Расчетная схема.

Для детали круглой формы рациональным является применение встроенной пневмокамеры. В данной работе проектировать будем простой механизм зажима заготовки, в котором сила зажима  $W$  создаётся непосредственно приводом приспособления без использования передаточных механизмов.

В данном случае принята камера одностороннего действия. Это значит, что зажим заготовки осуществляется подачей воздуха в верхнюю часть



камеры (штоковую – происходит зажим заготовки), а её отжим осуществляется за счет усилия возвратной пружины, после прекращения подачи сжатого воздуха в штоковую полость. При этом можно использовать резиновую плоскую мембрану. У неё простая конструкция, которую можно изготовить на предприятии.

Давление воздуха для пневматических приводов согласно рекомендациям технической литературы 0,4÷0,6 МПа.

Расчётные зависимости для определения размерных параметров элементов пневмокамеры следующие:

$$Q_{\text{шт}} = 0,9 \cdot P_{\text{в}} \cdot \frac{\pi \cdot (D^2 - d^2)}{4} - q, \quad (53)$$

где  $Q_{\text{шт}}$  – сила на штоке гидроцилиндра;

$P_{\text{в}}$  – давление воздуха в пневмокамере (0,5 МПа или 50 Н/см<sup>2</sup>);

$D$  – диаметр опорного диска;

$d$  – диаметр штока;

$q$  – сопротивление пружины;

Необходимо иметь в виду то обстоятельство, что при выборе параметров пневмопривода размеры нажимных дисков или поршней указываются в сантиметрах.

Для приспособления была выбрана Пружина 1086-0891 ГОСТ 13771-86 с наружным диаметром 38 мм и диаметром проволоки 4,5 мм с развиваемым сопротивлением 710÷900 Н.

Принимаем  $q = 850$  Н.

Необходимо иметь в виду то обстоятельство, что при выборе параметров гидроцилиндра размеры поршней указываются в сантиметрах.

$$Q_{\text{шт}} = 0,9 \cdot 50 \cdot \frac{\pi \cdot (11,5^2 - 1,5^2)}{4} - 850 = 3742,25 \text{ Н}$$

### **Вывод по разделу:**

В конструкторском разделе спроектировано приспособление проведены описания. Расчитана сила прижима заготовки, действующая сила на штоке гидроцилиндра.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА

### «ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л51	Кунгуровой Ирине Александровне

Школа	ИШНПТ	Отделение школы (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

<b>Исходные данные к разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»: Разработка технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора.</b>	
1. Стоимость ресурсов научного исследования (НИ): материально-технических, энергетических, финансовых, информационных и человеческих	- Рассчитана стоимость расходных материальных затрат; - Рассчитаны затраты на оплату труда; - Рассчитаны отчисления во внебюджетные фонды; - Рассчитаны накладные расходы
2. Нормы и нормативы расходования ресурсов	3% премии; 3% надбавки; 15% дополнительная заработная плата; 16% накладные расходы; 1,3 районный коэффициент.
3. Используемая система налогообложения, ставки налогов, отчислений, дисконтирования и кредитования	Коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды – 30%
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
1. Оценка коммерческого потенциала, перспективности и альтернатив проведения НИ с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения	Составлена оценочная карта для сравнения конкурентных технических решений (разработок)
2. Планирование и формирование бюджета научных исследований	Составлен план реализации проекта, составление графика Ганта, сформирован бюджет
3. Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования	Определена эффективность на основе расчета интегрального показателя эффективности НИ
<b>Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):</b>	
1. Оценка конкурентоспособности технических решений 2. Матрица SWOT 3. Альтернативы проведения НИ 4. График проведения и бюджет НИ 5. Оценка ресурсной, финансовой и экономической эффективности НИ	

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>16.03.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ОСТН ШБИП	Криницына Зоя Васильевна	к.т.н.		16.03.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л51	Кунгурова Ирина Александровна		16.03.2020

### **3. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение**

#### **Введение**

Цель раздела – расчет себестоимости и цены изделия, изготавливаемого согласно разработанному технологическому процессу в типовых производственных условиях. Актуальность проведения экономического анализа по оценке деловой привлекательности научной разработки обусловлена тем, что в настоящее время проведение данного анализа позволяет вовремя устранить коммерчески малоэффективные варианты, следовательно, значительно повысить вероятность коммерциализации научной разработки. Целью раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» является определение перспективности и успешности научно-исследовательского проекта. Достижение цели обеспечивается решением задач:

- оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научных исследований с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения;

- определение возможных альтернатив проведения научных исследований;

- планирование научно-исследовательских работ;

- определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

### 3.1 Оценка коммерческого потенциала и перспективности проведения научного исследования с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

#### 3.1.1 Потенциальные потребители услуг по производству зубчатого колеса цилиндрического редуктора

Для анализа потребителей детали «Зубчатое колесо» необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование.

**Целевой рынок** - сегменты рынка, на котором будет продаваться в будущем разработка. В свою очередь, **сегмент рынка** - это особым образом выделенная часть рынка, группы потребителей, обладающих определенными общими признаками.

**Сегментирование** - это разделение покупателей на однородные группы, для каждой из которых может потребоваться определенный товар (услуга).

Учитывая специфику результатов исследования, критериями сегментирования выбрана отрасль «машиностроение», выпускаемая продукция – «Зубчатое колесо», используемый тип производства – крупносерийное производство.

На основании этих критериев сформирована карта сегментирования рынка услуг по производству зубчатого колеса цилиндрического редуктора, представленная в таблице 5.

Таблица 5 – Карта сегментирования рынка услуг по производству зубчатого колеса цилиндрического редуктора

		Услуги по производству зубчатого колеса цилиндрического редуктора
Тип серийного производства	Крупносерийное	



Фирма А

В ходе исследования выявлено, что предложения на рынке услуг по производству зубчатого колеса цилиндрического редуктора основаны на совершенствовании технологического процесса изготовления детали «Зубчатое колесо» при крупносерийном производстве. Несмотря на наличие на данной нише высокого уровня конкуренции, разработанный в рамках выпускной квалификационной работы технологический процесс изготовления детали «Зубчатое колесо» ориентирован на реализацию в машиностроительных компаниях с крупносерийным производством. Преимущество разработанного технологического процесса перед уже существующими на рынке заключается в низкой металлоемкости и трудоемкости. В будущем при совершенствовании разработки возможно расширение рынка ее реализации за счет занятия оставшихся ниш (машиностроительные компании со среднесерийным и мелкосерийным производством).

### **3.2 Анализ конкурентных технических решений**

Детальный анализ конкурирующих разработок, существующих на рынке, необходимо проводить систематически, поскольку рынки пребывают в постоянном движении. Такой анализ помогает вносить коррективы в научное исследование, чтобы успешнее противостоять своим соперникам. Возможно реалистично оценить сильные и слабые стороны разработок конкурентов.

С этой целью может быть использована вся имеющаяся информация о конкурентных разработках:

- Технические характеристики разработки;
- Конкурентоспособность разработки;
- Уровень завершенности научного исследования (наличие макета, прототипа и т.п.);
- Бюджет разработки;

- Уровень проникновения на рынок;
- Финансовое положение конкурентов, тенденции его изменения и т.д.

В ходе работы «Разработка технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора», деталь «зубчатое колесо» представляет собой в форме прямоугольного параллелепипеда, изготавливаемая из стали 40Х13 ГОСТ 5632-72. Деталь имеет относительно сложную конструкцию, лучше использовать станок с ЧПУ, обеспечивается свободный доступ инструмента ко всем обрабатываемым поверхностям. Основа служит для соединения механизмов. Объем выпуска продукции 5000 шт. в год. На территории томской области выделим такие предприятия, как: АО «НПЦ «Полус», г. Томск.

### 3.3 SWOT-анализ

С целью исследования внешней и внутренней среды проекта применен SWOT-анализ. Результаты первого этапа SWOT-анализа представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Матрица SWOT.

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского продукта:</b></p> <p>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологического процесса.</p> <p>С2. Высокая производительность труда.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологическими процессами.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского продукта:</b></p> <p>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</p> <p>Сл1. Проект ориентирован на использование современного оборудования.</p> <p>Сл2. Ограниченный круг потенциальных потребителей.</p> <p>Сл3. Узкоспециализированное назначение разработки.</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования</p>
--	--	--

Продолжение таблицы 6

	С4. Низкая металлоемкость. С5. Конкурентоспособность проекта.	для проведения испытания опытного образца. Сл5. Необходимость повышения квалификации кадров потенциальных потребителей.
<b>Возможности:</b> В1. Занятие дополнительных ниш на рынке за счет усовершенствовании технологии. В2. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследованиях. В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт в связи с его экономичностью. В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ. В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.		
<b>Угрозы:</b> У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства. У2. Развитая конкуренция технологий производства. У3. Ограничения на экспорт технологии. У4. Сложная финансовая ситуация в экономике страны. У5. Наличие барьеров для входа на рынок.		

Выявим соответствия сильных и слабых сторон научно-исследовательского проекта внешним условиям окружающей среды. Это соответствие или несоответствие должны помочь выявить степень необходимости проведения стратегических изменений.



В рамках данного этапа построим интерактивную матрицу проекта (Таблица 7).

Каждый фактор помечаем либо знаком «+» (означает сильное соответствие сильных сторон возможностям), либо знаком «-» (что означает слабое соответствие); «0» – если есть сомнения в том, что поставить «+» или «-».

Результаты второго этапа SWOT-анализа приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Интерактивная матрица проекта.

Интерактивная матрица проекта С-В

Сильные стороны проекта						
		С1	С2	С3	С4	С5
Возможности проекта	В1	+	0	+	0	+
	В2	+	-	+	0	+
	В3	+	0	+	+	-
	В4	+	+	0	+	-
	В5	+	-	+	0	+

В1С1С3С5; В2С1С3С5; В3С1С3С4; В4С1С2С4; В5С1С3С5

Интерактивная матрица проекта Сл-В

Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Возможности проекта	В1	+	0	+	0	+
	В2	+	-	+	0	+
	В3	+	0	+	+	-
	В4	+	+	0	+	-
	В5	+	-	+	0	+

В1Сл1Сл3Сл5; В2Сл1Сл3Сл5; В3Сл1Сл3Сл4; В4Сл1Сл2Сл4; В5Сл1Сл3Сл5;

Интерактивная матрица проекта С-У

Сильные стороны проекта						
		С1	С2	С3	С4	С5
Угрозы проекта	У1	+	0	+	+	-
	У2	-	0	+	+	+
	У3	-	0	+	-	+
	У4	+	-	+	-	0
	У5	+	0	+	+	+

У1С1С3С4; У2С3С4; У3С3С5; У4С1С3; У5С1С3С4С5;

### Интерактивная матрица проекта Сл-У

Слабые стороны проекта						
		Сл1	Сл2	Сл3	Сл4	Сл5
Угрозы проекта	У1	+	+	+	-	0
	У2	+	+	+	-	0
	У3	-	-	0	-	0
	У4	+	+	+	-	0
	У5	0	+	+	+	-

У4У2У4Сл1Сл2Сл3; У5Сл2Сл3Сл4;

Результаты третьего этапа SWOT-анализа приведены в таблице 8.

Рассмотрим каждый из четырех типов стратегий матрицы SWOT:

1. С-В - проанализируем сильные стороны и возможности в составленной таблице 3. Просматривая каждую из возможностей, задаем вопрос: как при использовании данной возможности максимально использовать существующие сильные стороны товара?

2. Сл-В - проанализируем слабые стороны и возможности. Просматривая каждую из возможностей, задаем вопрос: какие из слабых сторон необходимо преодолеть для охвата и для максимального использования этой возможности? Что необходимо сделать для преодоления слабых сторон?

3. С-У - проанализируем сильные стороны и угрозы. Просматривая каждую из угроз, задаем вопрос: какая сильная сторона товара может защитить или минимизировать риски от данной угрозы?

4. Сл-У - проанализируем слабые стороны и угрозы. Просматривая каждую из угроз, задаем вопрос: Как необходимо укрепить «слабую сторону», чтобы риск возникновения угрозы стал минимальным.

Таблица 8 – SWOT-анализ.

	<b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b> С1. Заявленная экономичность и энергоэффективность технологического процесса. С2. Высокая	<b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b> Сл1. Проект ориентирован на использование современного оборудования. Сл2. Ограниченный круг потенциальных потребителей.
--	---	--

Продолжение таблицы 8

	<p>производительность труда.</p> <p>С3. Более низкая стоимость производства по сравнению с другими технологическими процессами.</p> <p>С4. Низкая металлоемкость.</p> <p>С5. Конкурентоспособность проекта.</p>	<p>Сл3. Узкоспециализированное назначение разработки.</p> <p>Сл4. Отсутствие необходимого оборудования для проведения испытания опытного образца.</p> <p>Сл5. Необходимость повышения квалификации кадров потенциальных потребителей.</p>
<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Занятие дополнительных ниш на рынке за счет усовершенствовании технологии.</p> <p>В2. Снижение таможенных пошлин на сырье и материалы, используемые при научных исследований.</p> <p>В3. Появление дополнительного спроса на новый продукт в связи с его экономичностью.</p> <p>В4. Использование инновационной инфраструктуры ТПУ.</p> <p>В5. Повышение стоимости конкурентных разработок.</p>	<p>Получение новейшего, экологичного, высококачественного оборудования.</p>	<p>Трудозатратное, дорогостоящее виброустройство с использованием новых технологий.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Отсутствие спроса на новые технологии производства.</p> <p>У2. Развитая конкуренция технологий производства.</p> <p>У3. Ограничения на экспорт технологии.</p> <p>У4. Сложная финансовая ситуация в экономике страны.</p> <p>У5. Наличие барьеров для входа на рынок.</p>	<p>Высокая конкуренция нивелируется сильными сторонами устройства. При снижении платежеспособности заказчиков, предприятие сможет предложить покупателю рассрочку или отсрочку платежа.</p> <p>Предприятию необходимо взаимодействовать с сертификационными органами, чтобы заранее знать об ужесточении требований и раньше начать подготовку к пересертификации.</p>	<p>Ввиду трудозатратности в обслуживании проекта может наблюдаться низкий спрос.</p>

Анализ интерактивных таблиц выявил сильно коррелирующие стороны и возможности, стороны и угрозы, каждая из представленных записей представляет собой направление реализации проекта.

### 3.4 Планирование научно-исследовательских работ

Важное значение для рациональной организации научно-исследовательской работы имеет ее планирование. Планирование научно-исследовательской работы заключается в определении структуры работы, ее трудоемкости, а также в формировании бюджета затрат.

### 3.5 Структура работ в рамках научного исследования

Реализация научно-исследовательского проекта по разработке технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора, состоит из 9 основных этапов, которые составляют структуру научного исследования. Перечень этапов, работ и распределение исполнителей представлено в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень этапов, работ и распределение исполнителей.

Основные этапы	№ раб	Содержание работ	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение	Руководитель темы
Выбор направления исследований	2	Подбор и изучение материалов по теме	Бакалавр (дипломник)
	3	Выбор направления исследований	Руководитель, бакалавр (дипломник)
	4	Календарное планирование работ по теме	Бакалавр (дипломник)
Теоретические и экспериментальные исследования	5	Проведение теоретических расчетов и обоснований	Бакалавр (дипломник)

### Продолжение таблицы 9

	6	Построение макетов (моделей) и проведение экспериментов	Бакалавр (дипломник)
	7	Сопоставление результатов экспериментов с теоретическими исследованиями	Бакалавр (дипломник)
	8	Контроль результатов исследований	Руководитель темы
Обобщение и оценка результатов	9	Оценка эффективности полученных результатов	Руководитель темы

### 3.6 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудовые затраты покрасочных в большинстве случаев берем образуют основную учитывающий часть стоимости суммарное разработки, поэтому календарный важным моментом показателей является определение запишем трудоемкости работ времени каждого из участников каждой технического проектирования.

Трудоемкость выполнения технического проектирования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости  $t_{ожі}$  используется следующая формула:

$$t_{ожі} = \frac{3t_{\min i} + 2t_{\max i}}{5} \quad (54)$$

где:  $t_{ожі}$  – ожидаемая прямые трудоемкость выполнения годовой  $i$ -ой работы коэффициент чел.-дн.;

$t_{\min i}$  – минимально возможная трудоемкость выполнения заданной себестоимость  $i$ -ой работы (оптимистическая оценка: в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.;

$t_{\max i}$  – максимально возможная трудоемкость раздел выполнения заданной  $i$ -ой работы (пессимистическая оценка: в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой выполнения работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями по формуле:

$$T_{p_i} = \frac{t_{\text{ож}i}}{Ч_i}, \quad (55)$$

где  $T_{p_i}$  – продолжительность одной работы, раб. дн.;

$t_{\text{ож}i}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения одной работы, чел.-дн.

$Ч_i$  – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Подставим данные в формулы, получим:

$t_{\text{ож}1} = \frac{3 \cdot 1 + 2 \cdot 2}{5} = 1,4 \text{ чел. -дн.}$	$T_{p1} = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ чел. -дн.}$
$t_{\text{ож}2} = \frac{3 \cdot 4 + 2 \cdot 5}{5} = 4,4 \text{ чел. -дн.}$	$T_{p2} = \frac{4,4}{1} = 4,4 \text{ чел. -дн.}$
$t_{\text{ож}3} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \text{ чел. -дн.}$	$T_{p3} = \frac{2,4}{1} = 2,4 \text{ чел. -дн.}$
$t_{\text{ож}4} = \frac{3 \cdot 25 + 2 \cdot 40}{5} = 31 \text{ чел. -дн.}$	$T_{p4} = \frac{31}{1} = 31 \text{ чел. -дн.}$
$t_{\text{ож}5} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \text{ чел. -дн.}$	$T_{p5} = \frac{2,4}{2} = 1,2 \text{ чел. -дн.}$
$t_{\text{ож}6} = \frac{3 \cdot 30 + 2 \cdot 35}{5} = 32 \text{ чел. -дн.}$	$T_{p6} = \frac{32}{1} = 32 \text{ чел. -дн.}$
$t_{\text{ож}7} = \frac{3 \cdot 2 + 2 \cdot 3}{5} = 2,4 \text{ чел. -дн.}$	$T_{p7} = \frac{2,4}{2} = 1,2 \text{ чел. -дн.}$

$тож8 = \frac{3*1+2*2}{5} = 1,4 \text{ чел. -дн.}$	$Тр8 = \frac{1,4}{1} = 1,4 \text{ чел. -дн.}$
$тож9 = \frac{3*1+2*3}{5} = 1,8 \text{ чел. -дн.}$	$Тр9 = \frac{1,8}{1} = 1,8 \text{ чел. -дн.}$

### 3.7 Разработка графика проведения научного исследования

С целью построения ленточного графика проведения научных работ в форме диаграммы Ганта длительность каждого из этапов работ из рабочих дней переведена в календарные дни. Для этого была использована следующая формула:

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}}, \quad (56)$$

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{\text{кал}},$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{\text{кал}}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определен по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (57)$$

где  $T_{\text{кал}}$  – количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  – количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  – количество праздничных дней в году.

Коэффициент календарности в 2020 году составил:

$$K_{\text{кал}} = \frac{366}{366-52-14} = 1,22$$

Подставим данные в формулы, получим:

$$T_{к1} = 1,4 * 1,22 = 2 \text{ дн.}$$

$$T_{к2} = 4,4 * 1,22 = 5 \text{ дн.}$$

$$T_{к3} = 2,4 * 1,22 = 3 \text{ дн.}$$

$$T_{к4} = 31 * 1,22 = 38 \text{ дн.}$$

$$T_{к5} = 2,4 * 1,22 = 3 \text{ дн.}$$

$$T_{к6} = 32 * 1,22 = 39 \text{ дн.}$$

$$T_{к7} = 2,4 * 1,22 = 3 \text{ дн.}$$

$$T_{к8} = 1,4 * 1,22 = 2 \text{ дн.}$$

$$T_{к9} = 1,8 * 1,22 = 2 \text{ дн.}$$

Все рассчитанные значения сведены в таблицу 10.

### 3.8 График проведения научного исследования

Таблица 10 – Временные показатели проведения научного исследования.

№ р а б о т	Название работы	Трудоемкость работ			Исполнители	Длительность изготовлени я работ в рабочих результате днях, $T_{pi}$	Длительность работ в календарных днях, $T_{ki}$
		$t_{min}$ , типа чел- дни	$t_{max}$ , чел- дни	$t_{ож}$ , чел- дни			
1	Составление и утверждение темы ВКР	1	2	1,4	Научный руководитель	1,4	2
2	Подбор и изучение литературы по техническому проектированию	4	5	4,4	Бакалавр (дипломник)	4,4	5
3	Составление календарного плана-графика выполнения ВКР	2	3	2,4	Бакалавр (дипломник)	2,4	3



Продолжение таблицы 10











4	Выполнение технологической части работы	25	40	31	Бакалавр (дипломник)	31	38
5	Согласование выполненной технологической части с научным руководителем	2	3	2,4	Научный руководитель, Бакалавр (дипломник)	1,2	3
6	Выполнение конструкторской части	30	35	32	Бакалавр (дипломник)	32	39
7	Согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем	2	3	2,4	Научный руководитель, Бакалавр (дипломник)	1,2	3
8	Выполнение других разделов	1	2	1,4	Бакалавр (дипломник)	1,4	2
9	Подведение итогов	1	3	1,8	Бакалавр (дипломник)	1,8	2

На основе таблицы 10 строится календарный план-график. График строится для максимального по длительности исполнения работ в рамках ВКР с разбивкой по месяцам и декадам (10 дней) за период времени ВКР.

Таблица 11 – Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ р а б о т	Вид работ	Исполнители	Кол- во дней, Ткi	Продолжительность выполнения работ, календарные дни														
				Феврал ь 2020			Март 2020			Апрел ь 2020			Май 2020			Июнь 2020		
				1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение темы ВКР	Научный руководитель	2	■														

Продолжение таблицы 11

2	Подбор и изучение литературы по техническому проектированию	Бакалавр (дипломник)	5					
3	Составление календарного плана-графика выполнения ВКР	Бакалавр (дипломник)	3					
4	Выполнение технологической части работы	Бакалавр (дипломник)	38					
5	Согласование выполненной технологической части с научным руководителем	Научный руководитель, бакалавр (дипломник)	3					
			3					
6	Выполнение конструкторской части	Бакалавр (дипломник)	39					
7	Согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем	Научный руководитель, бакалавр (дипломник)	3					
			3					
8	Выполнение других разделов	Бакалавр (дипломник)	2					
9	Подведение итогов.	Бакалавр (дипломник)	2					

 Научный руководитель

 Бакалавр (дипломник)

По календарному плану-графику проведения ВКР видно, что начало работы было в первой половине февраля. По графику видно, что выполнение технологической части работы и выполнение конструкторской самые продолжительные части проекта. Согласование выполненной технологической значения части с научным руководителем, согласование выполненной конструкторской части с научным руководителем, выполнялись двумя исполнителями. Окончание работы в первой декаде июня.

### **3.9 Бюджет научно-технического исследования (НТИ)**

При планировании бюджета НТИ учтены следующие виды расходов:

- материальные затраты НТИ;
- затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ;
- основная заработная плата исполнителей темы;
- дополнительная заработная плата исполнителей темы;
- отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления);
- накладные расходы.

### **3.10 Расчет материальных затрат НТИ**

Расчет материальных затрат произведен по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m \Pi_i \cdot N_{расх i} , \quad (58)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$Ц_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Материальные затраты, необходимые для разработки технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора, представлены в таблице 12.

Таблица 12 – Материальные затраты, необходимые для разработки технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора.

Наименование	Единица измерения	Количество	Цена за ед., руб.	Затраты на материалы, (Зм), руб.
Ручка	Шт.	3	30	90,0
Карандаш	Шт.	4	10	40,0
Ластик	Шт.	3	10	30,0
Бумага для принтера А4 (500 листов)	Пачка	1	240	240
Итого				400,0

### 3.11 Расчет затрат на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ

Для выполнения научно-технического исследования специальное оборудование не приобреталось, а использовалось оборудование, имеющееся в наличии. Амортизационные отчисления оборудования, используемого при выполнении научно-технического исследования бакалавром (дипломником)

(персональный компьютер), определены линейным методом начисления амортизации основных средств по формуле:

$$A = \text{Стоимость ОС} * \text{Норма амортизации} / 100\%,$$

где А – амортизация основного средства;

Стоимость ОС – стоимость основного средства при принятии на учет;

Норма амортизации = 100%/ срок полезного использования.

Норма амортизации персонального компьютера, используемого в ходе выполнения научно-технического исследования, составляет 10% в год (норма амортизации = 100%/10).

Амортизация персонального компьютера, используемого в ходе выполнения научно-технического исследования, составила:

$$A_{\text{годовая}} = 40000 * 10\% / 100\% = 4000 \text{ руб.}$$

$$A_{\text{в период выполнения НТИ}} = 4000 / 12 * 4,4 = 1466,66 \text{ руб.}$$

### **3.12 Основная заработная плата исполнителей темы**

Заработная плата руководителя темы и бакалавра (дипломника), непосредственно участвующих в выполнении работ по разработке технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора (включая премии, доплаты), включает основную заработную плату и дополнительную заработную плату:

$$З_{\text{зп}} = З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}},$$

где  $З_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$З_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (15 % от  $З_{\text{осн}}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{осн}$ ) руководителя темы, бакалавров (дипломников) рассчитана по следующей формуле:

$$Z_{осн} = Z_{дн} \cdot T_p, \quad (59)$$

где  $Z_{осн}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.;

$Z_{дн}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{дн} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (60)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года: при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя; при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн.

Месячный должностной оклад работника:

$$Z_m = Z_{тс} \cdot (1 + k_{пр} + k_d) \cdot k_p, \quad (61)$$

где  $Z_{тс}$  – заработная плата по тарифной ставке, руб.;

$k_{пр}$  – премиальный коэффициент;

$k_d$  – коэффициент доплат и надбавок;

$k_p$  – районный коэффициент.

Месячный должностной оклад руководителя темы, руб.:

$$З_{м} = 24960 * (1 + 0,3 + 0,3) * 1,3 = 51916,8$$

Месячный должностной оклад бакалавра (дипломника), руб.:

$$З_{м} = 9489 * (1 + 0,2 + 0,2) * 1,3 = 17270$$

Таблица 13 – Баланс рабочего времени.

Показатели рабочего времени	Руководитель темы	Бакалавр (дипломник)
Календарное число дней	366	366
Количество нерабочих дней	44	48
- выходные дни	14	14
- праздничные дни		
Потери рабочего времени		
- отпуск	56	28
- невыходы по болезни		
Действительный годовой фонд рабочего времени	252	276

Среднедневная заработная плата руководителя темы, руб.:

$$З_{дн} = \frac{51916,8 * 10,4}{252} = 2142,6$$

Среднедневная заработная плата бакалавра (дипломника), руб.:

$$З_{дн} = \frac{17270 * 11,2}{276} = 700,8$$

Основная заработная плата руководителя темы составила:

$$З_{осн} = 2142,6 * 6,7 = 14355,40 \text{ руб.}$$

Основная заработная плата бакалавра (дипломника) составила:

$$З_{осн} = 700,8 * 83,7 = 58657 \text{ руб.}$$

### **3.13 Дополнительная заработная плата исполнителей темы**

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.).

Расчет дополнительной заработной платы произведен по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} * З_{\text{осн}}$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принят равным 0,12).

Дополнительная заработная плата руководителя темы, руб.:

$$З_{\text{доп}} = 0,12 * 14355,40 = 1722,6$$

Дополнительная заработная плата бакалавра (дипломника), руб.:

$$З_{\text{доп}} = 0,12 * 58657 = 7038,8$$

### **3.14 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)**

Величина обязательных отчислений по установленным законодательством Российской Федерации нормам органам государственного социального страхования (ФСС), пенсионного фонда (ПФ) и медицинского страхования (ФФОМС) от затрат на оплату труда работников определена исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} * (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}),$$



где  $k_{внеб}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2020 год установлен размер страховых взносов равный 30%.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в таблице 14.

Таблица 14 – Отчисления во внебюджетные фонды.

Исполнитель	Основная заработная плата	Дополнительная заработная плата
Руководитель проекта	14355,40	1722,6
Бакалавр	58657	7038,8
Коэффициент отчисления во внебюджетные фонды, %	30	30
Итого:	21903,72	2628,42

### 3.15 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, электроэнергия, размножение материалов и т.д. Их величина определена по следующей формуле:

$$З_{накл} = (\text{сумма статей } 1/7) * k_{нр},$$

где  $k_{нр}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величина коэффициента накладных расходов взята в размере 16%.

Накладные расходы составили:

$$З_{накл} = 24532,14 * 0,16 = 3925,14 \text{ руб.}$$

### 3.16 Формирование бюджета затрат научно-исследовательского проекта

Определение бюджета затрат на научно-исследовательский проект приведено в таблице 15.

Таблица 15 – Расчет бюджета затрат НТИ.

Наименование статьи	Сумма, руб.
1. Материальные затраты НТИ	400
2. Затраты на специальное оборудование для научных (экспериментальных) работ	1466,66
3. Затраты по основной заработной плате исполнителей темы	6385,35
4. Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы	8761,4
5. Отчисления во внебюджетные фонды	24532,14
6. Накладные расходы	3925,14
7. Бюджет затрат НТИ	159785,04

### 3.17 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования

Определение эффективности произведено на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

Интегральный показатель финансовой эффективности научного исследования получен в ходе оценки бюджета затрат вариантов исполнения научного исследования. Интегральный финансовый показатель разработки определен как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{\text{pi}}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (62)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп. } i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;  
 $\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;  
 $\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта.

Для определения интегрального показателя финансовой эффективности использована оценка бюджета затрат вариантов исполнения технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора (базового технологического процесса, применяемого на машиностроительных предприятиях по изготовлению детали «Зубчатое колесо» в настоящее время, и технологии изготовления, разработанного в рамках данного научного исследования). Экспертная оценка бюджета затрат исполнения технологии составляет 400 000 руб.

Интегральный финансовый показатель составил:

$$I_{\text{исп1}} = \frac{159785,04}{159785,04} = 1$$

$$I_{\text{исп2}} = \frac{400000}{159785,04} = 2,5$$

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает численное превышение бюджета затрат разработки технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора.

Интегральный показатель ресурсоэффективности вариантов исполнения объекта исследования определен следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (63)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности представлен в таблице 16.

Таблица 16 – Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта.

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Разработанный технологический процесс	Базовый технологический процесс
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,1	5	4
2. Удобство в эксплуатации (соответствует требованиям потребителей)	0,15	4	3
3. Безопасность	0,15	5	5
4. Энергосбережение	0,2	4	3
5. Надежность	0,25	4	4
6. Материалоемкость	0,15	4	4
Итого	1	4,25	3,8

Базовый технологический процесс основан на использовании стандартных моделей и инструментальных средств и может быть использован в качестве составной части информационной технологии. К их числу можно отнести: операции извлечения, транспортировки, хранения, обработки и представления информации.

$$I_{p-исп1} = 5*0,1+4*0,15+5*0,15+4*0,2+4*0,25+4*0,15=4,25;$$

$$I_{p-исп2} = 4*0,1+3*0,15+5*0,15+3*0,2+4*0,25+4*0,15=3,8.$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки (Испі.) определен на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр.2}} \quad (64)$$

$$I_{исп1} = \frac{4,25}{1} = 4,25$$

$$I_{исп2} = \frac{3,8}{2,5} = 1,52$$

Сравнение интегрального показателя эффективности вариантов исполнения разработки позволило определить сравнительную эффективность проекта таблица 20.

Сравнительная эффективность проекта (Эср):

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (65)$$

$$\mathcal{E}_{ср} = \frac{4,25}{1,52} = 2,8$$

Таблица 17 – Сравнительная эффективность разработки

№ п/п	Показатели	Разработанный технологический процесс	Базовый технологический процесс
1	Интегральный финансовый	2,5	1

	показатель разработки		
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности разработки	4,25	3,8
3	Интегральный показатель эффективности	4,25	1,52
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	0,36	2,8

## **Результаты исследования**

Сравнение значений интегральных показателей эффективности позволило выбрать более эффективный вариант исполнения научного исследования с позиции финансовой и ресурсной эффективности – разработанный в рамках выпускной квалификационной работы по разработке технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора.

Таким образом, в результате проведенных исследований, установлено, что разработанная технология изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора, энергоэффективна, характеризуется низкой металлоемкостью, высокой производительностью труда, в связи с чем, считаю, данный научно-исследовательский проект конкурентоспособным.

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ РАЗДЕЛА «СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ»

Студенту:

Группа	ФИО
3-8Л51	Кунгуровой Ирине Александровне

Школа	ИШНПТ	Отделение (НОЦ)	Материаловедения
Уровень образования	Бакалавр	Направление/специальность	15.03.01 Машиностроение

Тема ВКР:

<b>Разработка технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора</b>	
<b>Исходные данные к разделу «Социальная ответственность»:</b>	
1. Характеристика объекта исследования (вещество, материал, прибор, алгоритм, методика, рабочая зона) и области его применения	Объектом исследования является рабочее место оператора станка с ЧПУ – участок механического цеха АО «НПЦ «Полюс». Деталь «Зубчатое колесо» цилиндрического редуктора, материал сталь 40х13, массой 0,4 кг. Тип производства- крупносерийное. Деталь зубчатое колесо служит для передачи крутящего момента и вращения на ведомый вал редуктора.
<b>Перечень вопросов, подлежащих исследованию, проектированию и разработке:</b>	
<b>1. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства;</li> <li>– организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны.</li> </ul>	Трудовой кодекс Российской Федерации от 30.12.2001 N197-ФЗ (ред. от 24.04.2020). ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. ГОСТ 22269-76.
<b>2. Производственная безопасность:</b> 2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов 2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия	1. Отклонение параметров микроклимата. 2. Превышение уровня шума 3. Отсутствие или недостаток естественного света 4. Повышенное значение напряжения в электрической



	цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.
<b>3. Экологическая безопасность:</b>	Наличие отходов (металлическая стружка, лампы, СОЖ, абразивная пыль, лом инструмента). Разработаны меры для уменьшения производственных отходов.
<b>4. Безопасность в чрезвычайных ситуациях:</b>	Чрезвычайная ситуация техногенного характера для места – пожар. Меры о предотвращению ЧС.

<b>Дата выдачи задания для раздела по линейному графику</b>	<b>16.03.2020</b>
---	-------------------

**Задание выдал консультант:**

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент ООД	Белоевко Елена Владимировна	к.т.н.		16.03.2020

**Задание принял к исполнению студент:**

Группа	ФИО	Подпись	Дата
3-8Л51	Кунгурова Ирина Александровна		16.03.2020

#### **4. Раздел «Социальная ответственность»**

##### **Введение**

В данном разделе выпускной квалификационной работы, объектом исследования является разработка технологии изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора, а также содержащиеся в производственном цеху станки и оборудование, участвующие в производстве детали, и их воздействие на организм человека и окружающую среду. Деталь изготавливается из стали 40Х13, и в дальнейшем колесо зубчатое устанавливается на вал редуктора, и служит для передачи крутящего момента и вращения на ведомый вал редуктора. Во время изготовления детали оператор станка или рабочий подвергается ряду опасных и вредных факторов. В данном разделе необходимо рассмотреть вопросы по организации рабочих мест в соответствии с нормами производственной санитарии, техники производственной безопасности, охраны окружающей среды и пожарной безопасности.

##### **4.1 Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности**

В данном разделе рассматривается производственное помещение, промышленного предприятия АО «НПЦ «Полюс», в котором производится изготовление зубчатого колеса цилиндрического редуктора.

При производстве зубчатого колеса цилиндрического редуктора на участке используется следующее оборудование: токарный станок с ЧПУ, фрезерный станок, ленточнопильный станок.

Изготовление детали предполагает двухсменный режим работы. Сменный режим работы регламентируется статьей 103 ТК РФ.

Условия работы в ночное время должны регламентироваться согласно статье 96 ТК РФ от 30.12.2001 N197-ФЗ (ред. От 16.12.2019).

#### **4.1.1 Специальные (характерные при эксплуатации объекта исследования, проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.**

Отличительной особенностью производства является вероятность воздействия на человека техногенных опасностей — явлений, вызывающих нежелательные последствия деятельности.

Совокупность факторов, воздействующих на человека в процессе труда, формирует условия труда, которые делятся на благоприятные и неблагоприятные. Условия труда определяются с помощью количественных показаний, устанавливаемых официальными документами (стандартами, нормами, правилами).

Так, на каждом предприятии организуется отдел охраны труда, целью которого является сохранение здоровья и обеспечение хорошего самочувствия человека в условиях производства.

Согласно ТК РФ, каждый работник имеет право на:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- отказ от выполнения работ в случае возникновения опасности для его жизни и здоровья вследствие нарушения требований охраны труда, за исключением случаев, предусмотренных федеральными законами, до устранения такой опасности;

- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- обучение безопасным методам и приемам труда за счет средств работодателя;
- личное участие или участие через своих представителей в рассмотрении вопросов, связанных с обеспечением безопасных условий труда на его рабочем месте, и в расследовании происшедшего с ним несчастного случая на производстве или профессионального заболевания;
- внеочередной медицинский осмотр в соответствии с медицинскими рекомендациями с сохранением за ним места работы (должности) и среднего заработка во время прохождения указанного медицинского осмотра;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.
- повышенные или дополнительные гарантии и компенсации за работу на работах с вредными и (или) опасными условиями труда могут устанавливаться коллективным договором, локальным нормативным актом с учетом финансово-экономического положения работодателя.

#### **4.1.2 Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоны**

Немаловажной частью формирования благоприятных условий труда является организация рабочих мест. Так как при изготовлении зубчатого колеса цилиндрического редуктора используются в основном станки с ЧПУ, мы должны руководствоваться следующими стандартами.

- ГОСТ 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ стоя. Общие эргономические требования.
- ГОСТ 12.2.049-80 ССБТ. Оборудование производственное. Общие эргономические требования.

- ГОСТ 22269-76. Система «человек-машина». Рабочее место оператора.

Взаимное расположение элементов рабочего места. Общие эргономические требования.

Требования безопасности к рабочим местам предусматривают соответствие рабочего места и используемого оборудования правилам и стандартам безопасности. Применяемое оборудование и инструмент должны быть оснащены необходимыми средствами защиты - ограждениями, предохранительными приспособлениями, предупредительной сигнализацией. Обязательным условием безопасности рабочего места является оснащение его средствами индивидуальной защиты - защитными очками, спецодеждой и спецобувью, респираторами, диэлектрическими перчатками и т. д. Очень важно для обеспечения безопасности содержать используемое оборудование и инструмент в исправности. В соответствии с правилами безопасности на рабочих местах необходимо на видном месте вывешивать инструкции по технике безопасности и типовые технологические карты, содержащие перечень, сроки и последовательность выполнения технологических операций. При необходимости рабочие места обеспечивают соответствующей документацией - журналом приемки и сдачи смены, журналом проверки состояния техники безопасности и др.

## 4.2 Производственная безопасность

Составим обобщающую таблицу «Опасные и вредные факторы» при изготовлении зубчатого колеса цилиндрического редуктора (табл. 18), которая необходима для целостного представления обо всех выявленных вредных и опасных факторах на рабочем месте, связи их с запроектированными видами работ.

Для выбора опасных и вредных факторов используем ГОСТ 12.0.003-2015 «Опасные и вредные производственные факторы. Классификация».

Таблица 18 – Возможные опасные и вредные факторы

Факторы (ГОСТ 12.0.003-2015)	Этапы работ			Нормативные документы
	разработка	изготовление	эксплуатаци я	
1.Отклонение показателей микроклимата	+	+	+	СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений. [5]
2. Превышение уровня шума		+	+	ГОСТ 12.1.003-2014 ССБТ Шум. Общие требования безопасности. [6]
3.Отсутствие или недостаток естественного света	+	+	+	СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95*.[7]
4.Недостаточная освещенность рабочей зоны		+	+	ГОСТ 12.1.002 – 84 Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах. [8] ГОСТ 12.1.030-81 ССБТ Электробезопасность.

### Продолжение таблицы 18

				Защитное заземление, зануление. [9] ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность.
				Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [10] ГОСТ 12.1.045-84 ССБТ Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля. [11]
5.Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека	+	+	+	ГОСТ 12.1.038-82 ССБТ Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов. [12]

#### 4.2.1. Анализ выявленных вредных и опасных факторов

В таблице 18. выявили вредные и опасные факторы, которые возникают в процессе разработки и изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора. Для снижения воздействия этих факторов, а также исключения случаев травматизма нужно провести анализ и разработать мероприятия по защите персонала.

#### **4.2.2. Обоснование мероприятий по снижению воздействия**

##### **1. Отклонение параметров микроклимата.**

К основным нормируемым показателям микроклимата воздуха относятся: температура воздуха, относительная влажность воздуха, скорость движения воздуха, интенсивность теплового облучения.

Санитарные нормы устанавливают оптимальные и допустимые метеорологические условия в рабочей зоне помещения, в соответствии с «СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений».

Охлаждающий микроклимат приводит к обострению язвенной болезни, радикулита, обуславливает возникновение заболеваний органов дыхания, сердечно-сосудистой системы. Охлаждение человека (как общее, так и локальное) приводит к изменению его двигательной реакции, нарушает координацию и способность выполнять точные операции, вызывает тормозные процессы в коре головного мозга, что может быть причиной возникновения различных форм травматизма. При локальном охлаждении кистей снижается точность выполнения рабочих операций. Воздействие нагревающего микроклимата вызывает нарушение состояния здоровья, снижение работоспособности и производительности труда.

Нагревающий микроклимат может привести к заболеванию общего характера, которое проявляется чаще всего в виде теплового коллапса. Он возникает вследствие расширения сосудов и уменьшения давления в них крови. Обморочному состоянию предшествует головная боль, чувство слабости, головокружение, тошнота.

В целях профилактики неблагоприятного воздействия микроклимата используется: механизация и автоматизация технологических процессов; устройство систем вентиляции, системы местного кондиционирования воздуха и отопления; защита от источников теплового излучения с помощью



теплозащитных экранов; применение средств индивидуальной защиты (СИЗ), регламент времени работы.

## 2. Превышение уровня шума

Источником возникновения шума на территории рассматриваемого производственного помещения, являются технологическое оборудование в основных производственных цехах, металлообрабатывающие станки основного и вспомогательного производств, а именно, ленточнопильный станок Века-Мак BMSY 440 DGH, Токарный станок с ЧПУ Модель:DMC DL 6G, Универсальный фрезерный станок Модель: DMU 50.

Нормативным документом, регламентирующим уровни шума для различных категорий рабочих мест служебных помещений, является ГОСТ 12.1.003-83 «ССБТ. Шум. Общие требования безопасности».

В цехе уровень шума составляет 70 дБ.

Шум создает значительную нагрузку на нервную систему человека, оказывая на него психологическое воздействие. Шум способен увеличивать содержание в крови таких гормонов стресса, как кортизол, адреналин и норадреналин - даже во время сна. Чем дольше эти гормоны присутствуют в кровеносной системе, тем выше вероятность, что они приведут к опасным для жизни физиологическим проблемам. Шумы уровня 70-90 дБ при длительном воздействии приводят к заболеванию нервной системы, а более 100 дБ - к снижению слуха, вплоть до глухоты.

Для защиты от шума согласно «СП 51.13330.2011. Защита от шума» применяются строительно-акустические меры: звукоизоляция ограждающих конструкций; звукопоглощающие конструкции и экраны; глушители шума; правильная планировка и застройка. К шумопоглощающим относятся экраны, панели которых заполнены звукопоглощающим материалом: базальтовой ватой. Со стороны источника шума шумопоглощающие экраны покрыты перфорированным металлическим листом для улучшения

вхождения звука в панель и последующего поглощения его кинетической энергии.

В качестве средств индивидуальной защиты (СИЗ) применяются: противошумные вкладыши, наушники, шлемы и каски, специальные костюмы.

### 3. Отсутствие или недостаток естественного света

Недостаточная освещенность рабочей зоны. В производственном помещении предусматривается естественное, совмещенное и искусственное освещение.

СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» – определяет нормы освещенности для производственных помещений в зависимости от характеристики зрительной работы, определяемой минимальным размером объекта различения, контрастом объекта с фоном и свойствами фона.

Нормы освещенности производственных помещений приведены в таблице 19.

Таблица 19 – Нормы освещенности для производственных помещений

Характеристика зрительной работы	Разряд зрительной работы	Подразряд Зрительной работы	Искусственное освещение		Естественное освещение		Совмещенное освещение			
			Освещенность, лк		КЕО* е , %					
			При системе комбинированного освещения	при системе общего освещения	При верхнем или комбинированном освещении	при боковом освещении	При верхнем или комбинированном освещении	При боковом освещении		
Средней точности	IV	б*	500	200	4	1.5	2.4	0.9		

\*К подразряду зрительной работы «б» относится периодическая работа при постоянном пребывании в помещении.

Плохое освещение негативно воздействует на наше зрение, приводит к быстрому утомлению, снижает работоспособность, вызывает дискомфорт, является причиной головной боли и бессонницы.

Мероприятия по устранению недостаточной освещенности: применение комбинированного освещения. Контроль естественного и искусственного освещения в производственных помещениях следует проводить один раз в год.

4. Повышенное значение напряжения в электрической цепи, замыкание которой может произойти через тело человека.

При производстве зубчатого колеса цилиндрического редуктора на участке возможное поражение электрическим током может произойти при прикосновении к токоведущим частям, находящимся под напряжением, на которых остался заряд или появилось напряжение в результате случайного включения в сеть, к нетоковедущим частям, выполненным из проводящего электрический ток материала, после перехода на них напряжения с токоведущих частей.

К средствам защиты от повышенного уровня статического электричества относятся: заземляющие устройства; нейтрализаторы; увлажняющие устройства; антиэлектростатические вещества; экранирующие устройства. Предельно допустимые напряжения прикосновения и токи для человека устанавливаются ГОСТ 12.1.038-82.

Для защиты персонала от поражающего действия электрического тока применяют специальные защитные средства, которые делятся на:

- а) основные защитные средства;
- б) дополнительные защитные средства.

Дополнительными называются такие защитные средства, которые сами по себе не могут при данном напряжении обеспечить безопасность от напряжения током.

В электроустановках напряжением до 1000 В:

- диэлектрические галоши;
- диэлектрические резиновые коврики;
- изолирующие подставки.

Основные и дополнительные защитные средства при всех операциях должны применяться совместно друг с другом.

Средства коллективной защиты в механическом цехе от поражающего действия тока:

1. Защитное заземление
2. Зануление.
3. Защитное отключение.
4. Защитные ограждения.

5. Разделительные трансформаторы. Их используют для изоляции подключаемого оборудования от контура заземления.

К средствам защиты от повышенного уровня статического электричества относятся: заземляющие устройства; нейтрализаторы; увлажняющие устройства; антиэлектростатические вещества; экранирующие устройства.

### **4.3 Экологическая безопасность**

При изготовлении зубчатого колеса цилиндрического редуктора происходит процесс механической обработки металла на станках. Сопровождается данный процесс образованием металлической стружки, пыли, отработанной смазочно- охлаждающей жидкости. Пары эмульсии и пыль через вентиляционную систему поступают из помещений в атмосферу. Также образуется промышленный мусор, загрязняющий литосферу. При промывке оборудования и его узлов может произойти загрязнение воды.

Для обеспечения экологической безопасности возможно провести следующий комплекс мероприятий:

- использование отходов во вторичном производстве;
- разработка и внедрение малоотходных техпроцессов;
- использование нетоксичных веществ взамен токсичных;
- разработка и использование нового оборудования с меньшим уровнем негативного воздействия на окружающую среду;
- утилизация или захоронение промышленных отходов;
- использование фильтров для очистки воды и воздуха.

### **4.4 Безопасность в чрезвычайных ситуациях**

Рассмотрим вероятность ЧС техногенного характера – пожара.

При изготовлении зубчатого колеса цилиндрического редуктора применяются горючие материалы, а также используется электрооборудование, находящееся под напряжением. С учетом данных фактов, высока вероятность возникновения пожара.

Для предотвращения возникновения пожаров в промышленном предприятии АО «НПЦ «Полюс»:

1) Проводятся профилактические мероприятия, инструктажи рабочих.

2) В каждом цехе в доступном месте висят инструкции по действиям при пожаре с указанием последовательности действий, а также планы эвакуации с телефонами спецслужб. Предусмотрены меры эвакуации: запасные выходы, пожарные проходы.

3) Присутствуют средства пожаротушения.

4) Имеется звуковая пожарная сигнализация.

Система пожарной сигнализации включается в общезаводскую/общецеховую систему пожарных извещателей кольцевого типа. Оповещение рабочих происходит через местную связь (радиосвязь).

## **Результаты исследования**

В разделе «социальная ответственность» были выявлены и проанализированы негативные факторы, которые сопровождают разработку и изготовление зубчатого колеса цилиндрического редуктора на промышленном предприятии АО «НПЦ «Полюс». Производственный процесс соответствует всем нормам и правилам законодательства РФ. Но сопровождается неблагоприятными условиями труда, негативным влиянием на окружающую среду, а также есть риск возникновения ЧС.

Определение и анализ данных факторов помогает разработать комплекс мер по предотвращению и уменьшению негативного влияния на жизнь и здоровье человека, а также на окружающую среду.

## **Заключение**

По итогам проведенной выпускной квалификационной работы была разработана технология изготовления зубчатого колеса цилиндрического редуктора» на основании исходных данных с заданными характеристиками.

В технологическом разделе, был определен тип производства (крупносерийное), произведен анализ технологичности конструкции детали и выбор исходной заготовки. Затем был разработан маршрутный технологический процесс и выполнен его размерный анализ. Выбрано оборудование, рассчитаны режимы резания и произведено нормирование технологических операций.

В конструкторском разделе проведены описания и расчет приспособления. Спроектировано приспособление.

В разделе «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был разработан график проведения технического проекта, рассчитан бюджет технического проекта и определена его ресурсоэффективность.

Раздел «Социальная ответственность» содержит анализ вредных и опасных факторов производственной среды, рассмотрены также вопросы обеспечения экологической безопасности и безопасности в чрезвычайных ситуациях. Были выявлены и проанализированы негативные факторы, которые сопровождают разработку и изготовление зубчатого колеса цилиндрического редуктора.



## **Список использованных источников**

1. Горбацевич А.Ф., Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – М.: ООО ИД «Альянс», 2007. – 256 с.
2. Скворцов В.Ф. Основы размерного анализа технологических процессов изготовления деталей: Учебное пособие. 2-е изд. –Томск: Изд. ТПУ, 2009. -91 с.
3. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2/ под редакцией А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение. 1985. 496 с., ил.
4. Справочник технолога машиностроителя. В 2-х томах. Т. 2/ под редакцией А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – 4-е изд., перераб. И доп. – М.: Машиностроение. 1986. 656 с., ил.
5. Анурьев В.И. Справочник конструктора машиностроителя: В 3 т. Т. 1. – М.: Машиностроение, 2001. – 920 с.: ил.
6. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки. Справочник. В 2-х ч. Том 2. – Л.: Машиностроение, 1983. – 448 с.
7. Ансеров, М.А. Приспособление для металлорежущих станков / М.А. Ансеров. – 4-е изд., испр. и доп. – Л. : Машиностроение, 1985. – 656 с.
8. Курсовое проектирование деталей машин: Учеб. пособие для учащихся машиностроительных специальностей техникумов / С. А. Чернавский, К. Н. Боков, И. М. Чернин и др.— 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1988. — 416 с.: ил.
9. Ансёров М.А., Приспособления для металлорежущих станков. Расчеты и конструкции: учебное пособие / М.А. Ансёров. – 3-е изд. – Москва: Изд-во Машиностроение, 1966. – 649с.
10. Методические указания к курсовой работе по экономике фирмы. – Томск: Изд. ТПУ, 2000г.
11. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие/ И.Г. Видяев, Г.Н.

Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

12. Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение: учебно-методическое пособие/ И.Г. Видяев, Г.Н. Серикова, Н.А. Гаврикова, Н.В. Шаповалова, Л.Р. Тухватулина, З.В. Криницына; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 36 с.

13. Скворцов Ю.В. Организационно-экономические вопросы в дипломном проектировании: Учебное пособие. – М.: Высшая школа, 2006. – 399 с.

14. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы бакалавра всех направлений (специальностей) и форм обучения ТПУ Составители Е.Н. Пашков, А.И. Сечин, И.Л. Мезенцева Издательство Томского политехнического университета 2019

15. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. - 5-е изд., перераб., и доп. -Москва: Юрайт ИД Юрайт, 2015. - 703 с.

16. Безопасность жизнедеятельности: практикум/Ю.В. Бородин, М.В. Василевский, А.Г. Дашковский, О.Б. Назаренко, Ю.Ф. Свиридов, Н.А. Чулков, Ю.М. Федорчук. — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 101с. Методические указания по разработке раздела «Социальная ответственность» выпускной квалификационной работы магистров всех направлений (специальностей) и форм обучения/Сост. Ю.В. Бородин, В.Н. Извеков, Е.В. Ларионова, А.М. Плахов. – Томск: Изд-во ТПУ, 2014. – 20 с.

17. Методические указания по разработке раздела «Производственная и экологическая безопасность» выпускной квалификационной работы для студентов всех форм обучения/Сост. М.Э. Гусельников, В.Н. Извеков, Н. В. Крепша, В.Ф. Панин. – Томск: Изд-во ТПУ,

2006. – 42 с.

18. СанПиН 2.2.4.548–96. Гигиенические требования к микроклимату производственных помещений.

19. ГОСТ 12.1.003-2014 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Шум. Общие требования безопасности.

20. СП 52.13330.2016 Естественное и искусственное освещение. Актуализированная редакция СНиП 23-05-95\*.

21. ГОСТ 12.1.002-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электрические поля промышленной частоты. Допустимые уровни напряженности и требования к проведению контроля на рабочих местах.

22. ГОСТ 12.1.030-81 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Защитное заземление. Зануление (с Изменением N 1).

23. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1).

24. ГОСТ 12.1.045-84 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электростатические поля. Допустимые уровни на рабочих местах и требования к проведению контроля.

25. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1).

## **Приложения**

КОМПАС-3D v18.1.11 © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

ИШНПТ-38/15124.00.00.01

Перв. примен.

Справ. №

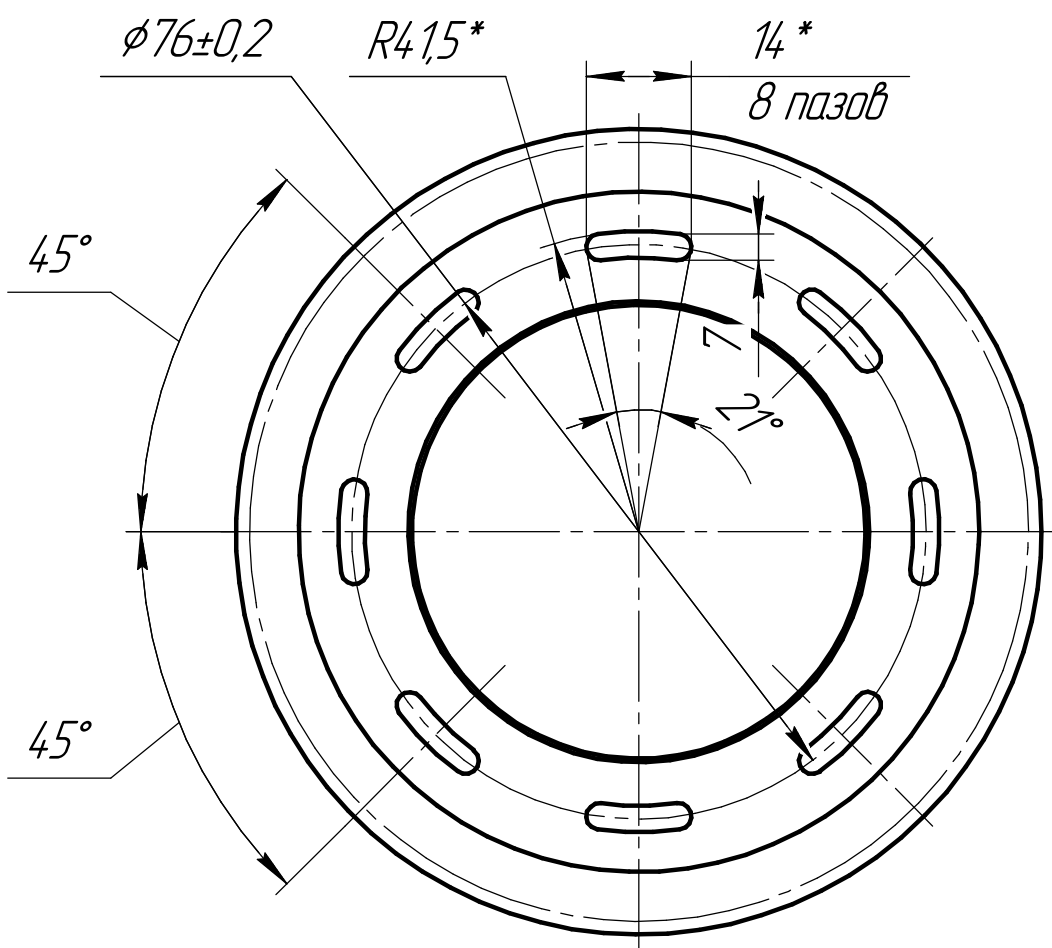
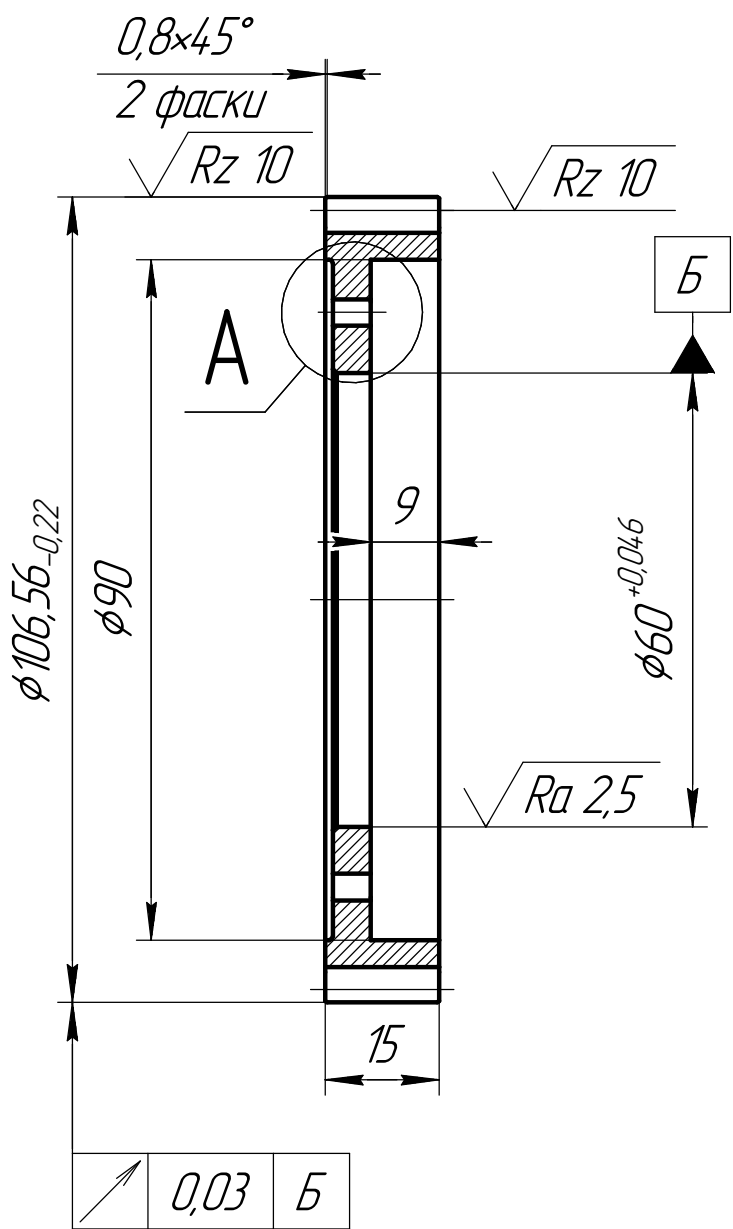
Подп. и дата

Взам. инв. №

Подп. и дата

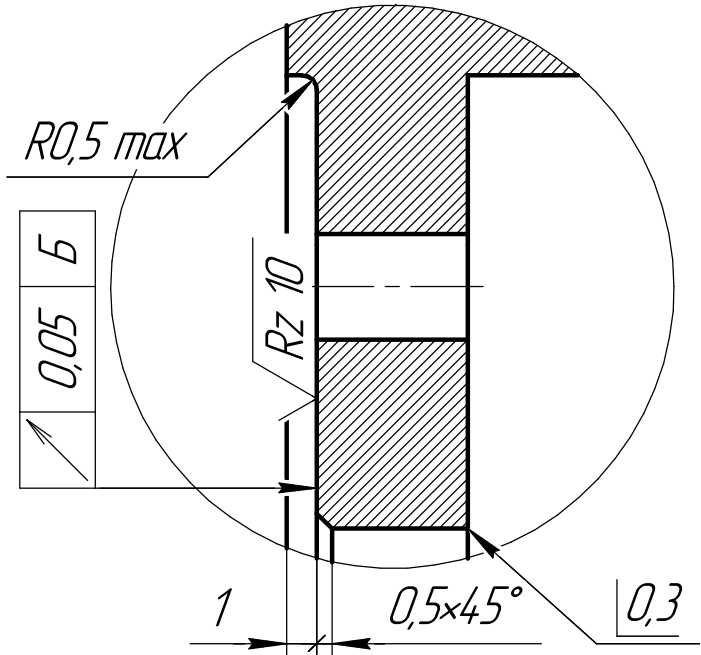
Инв. № подл.

$\sqrt{Rz\ 40\ (\checkmark)}$



Модуль	m	1,75
Число зубьев	z	58
Угол наклона зуба	$\beta$	10°
Направление зуба	-	левое
Номинальный исходный контур	-	ГОСТ 13755-80
Степень точности	-	7-X
Коэффициент смещения	x	0
Размер по роликам	-	106,88 <sup>-0,11</sup> <sub>-0,18</sub>
Диаметр ролика	-	3,177
Диаметр делительной окружности	d	103,06
Межцентровое расстояние	A	67,52±0,02
Обозначение чертежа сопряженного колеса	-	АМЯ 8.424.029

A (4:1)



- 1 \*Размер для справок.  
2 Общие технические требования по ОСТ 4Г 0.070.014

ИШНПТ-38/15124.00.00.01					Лит.	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		0,4	1:1
Разраб.					Лист 1		
Пров.					ТПУ		
Т.контр.					Группа 3-8/151		
Н.контр.					Копировал		
Утв.					Формат А3		

См. чертеж 1.

Томский политехнический университет

Карта технологического процесса

Материал

Наименование, марка

Код ед. величины

Масса детали, кг

Заготовка

Код и вид

Профиль Размеры

Кол.

Масса, кг

Сталь 40Х13 ГОСТ 5632-72

Прокат

5000

0,4

Номер

операций  
перехода

Наименование операций и содержание переходов

Операционный эскиз

Оборудование

Приспособление

Инструмент

режущий  
измерительный

Наличие одобрения  
обработ. деталей

Число рабочих ходов

Диаметр или ширина, мм

Длина в направлении  
ленточной подачи, мм

Глубина резания, мм

Поддача  
мм/об

мм/мин

Частота  
об/мин

Скорость резания, м/мин

Т<sub>об</sub>, мин

Т<sub>вс</sub>

Т<sub>пз</sub>

Т<sub>шт</sub>

Т<sub>шт.к</sub>

Разряд работы

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

21

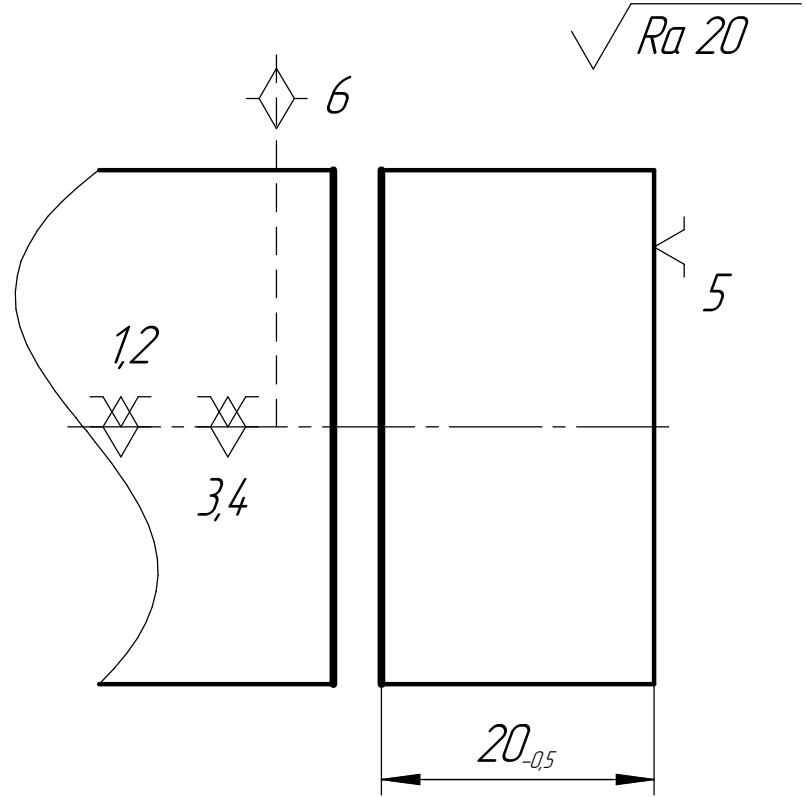
22

23

000 Отрезная

1

Установить заготовку  
Отрезать заготовку, выдерживая размер 49,3<sub>-0,5</sub>



Ленточнопильный станок  
Векма-Мак BMSY 440 DGH

Гидравлические зажимные тиски

Полотно ленточное  
Radial / Bimetel M42

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89

-

1

115

115

15

-

1500

-

50

0,08

0,68

18

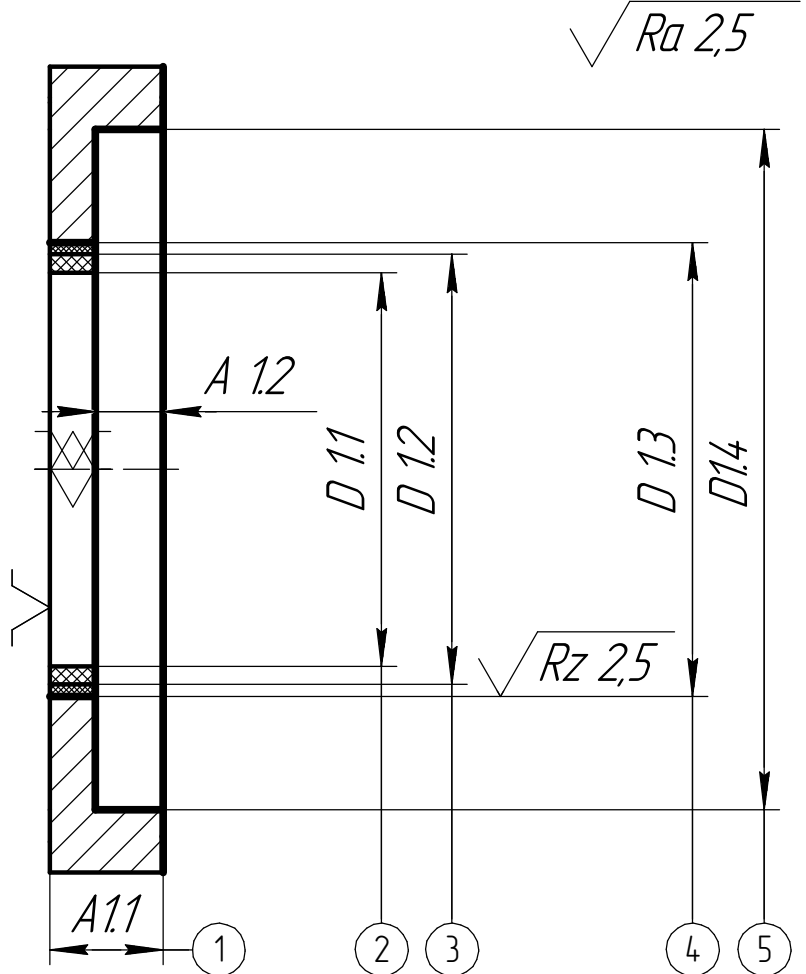
1,55

1,554

005 Токарная с ЧПУ (черн.)

1

Установить заготовку  
Подрезать торец 1, выдержав размер A11



Токарный станок с ЧПУ DMC DL 6G

Трехкулачковый самоцентрирующий патрон  
7100-0005 ГОСТ 12675-80

Резец, проходной отогнутый 2102-0501 ГОСТ 18868-73, Резец, проходной упорный 2101-0005 ГОСТ 18879-73, Центровочное сверло 2317-0164, ГОСТ 14952-75, Спиральное сверло Ø32 2301-3551 ГОСТ 10903-77, Резец, проходной расточной 2141-0201 ГОСТ 18883-73, Резец, канальный торцевой 2120-0508 ГОСТ 18874-73

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89, Рычажный микрометр МР 50 ГОСТ 4381-87, Индикатор ИИ 100-1 ГОСТ 1868-82, Штангенциркуль ШЦ-I-200-0,01 ГОСТ 162, Индикатор ИИ 25 кл. 1 ГОСТ 577-68, Стойка С-1-28-100х40 ГОСТ 10197-70, Набор концевых мер 1-Н2 ГОСТ 9038-90

-

1

115

57,5

0,9

12

386

140

0,14

-

1

3,15

16

158

0,25

60

0,64

1,40

-

1

115

16

29

0,48

538

98

0,09

-

1

115

16

0,9

12

387

140

0,06

-

1

115

16

0,8

12

395

143

0,06

-

1

115

15

9,2

0,7

350

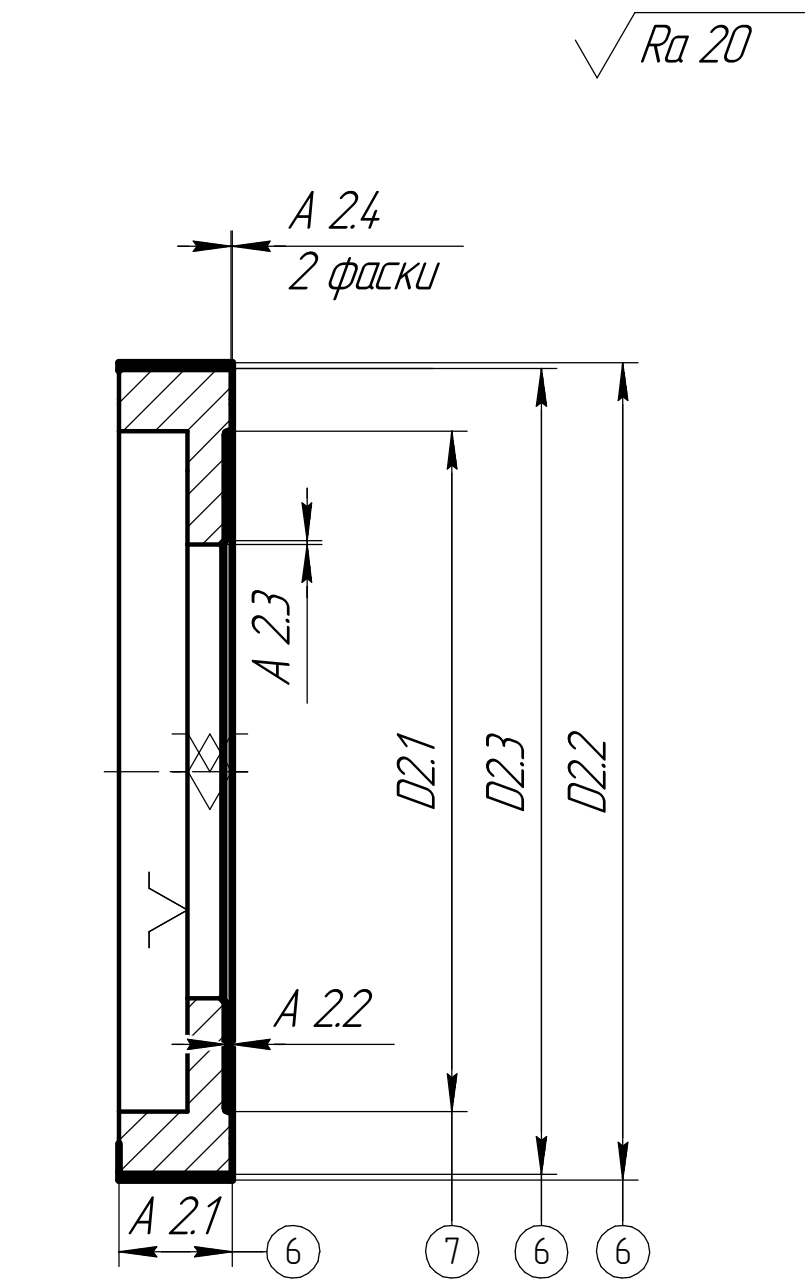
126

0,08

010 Токарная с ЧПУ (чист.)

1

Установить заготовку  
Подрезать торец 6, выдержав размер A2.1



Токарный станок с ЧПУ DMC DL 6G

Трехкулачковый самоцентрирующий патрон  
7100-0005 ГОСТ 12675-80

Резец, проходной отогнутый 2102-0501 ГОСТ 18868-73, Резец, канальный торцевой 2120-0508 ГОСТ 18874-73, Резец, проходной упорный 2101-0005 ГОСТ 18879-73

Штангенциркуль ШЦ-I-125-0,05 ГОСТ 166-89, Рычажный микрометр МР 50 ГОСТ 4381-87, Индикатор ИИ 25 кл. 1 ГОСТ 577-68, Набор концевых мер 1-Н2 ГОСТ 9038-90

-

1

115

57,5

0,9

12

386

140

0,14

-

1

115

1

0,9

12

386

140

0,01

-

1

115

15

1,1

12

376

136

0,03

-

1

115

15

2,5

12

345

120

0,06

-

1

115

15

0,9

12

416

139

0,04

-

1

115

1

0,9

12

386

140

0,01

ИШНПТ-38/15124.00.00.02

Операционная  
карта

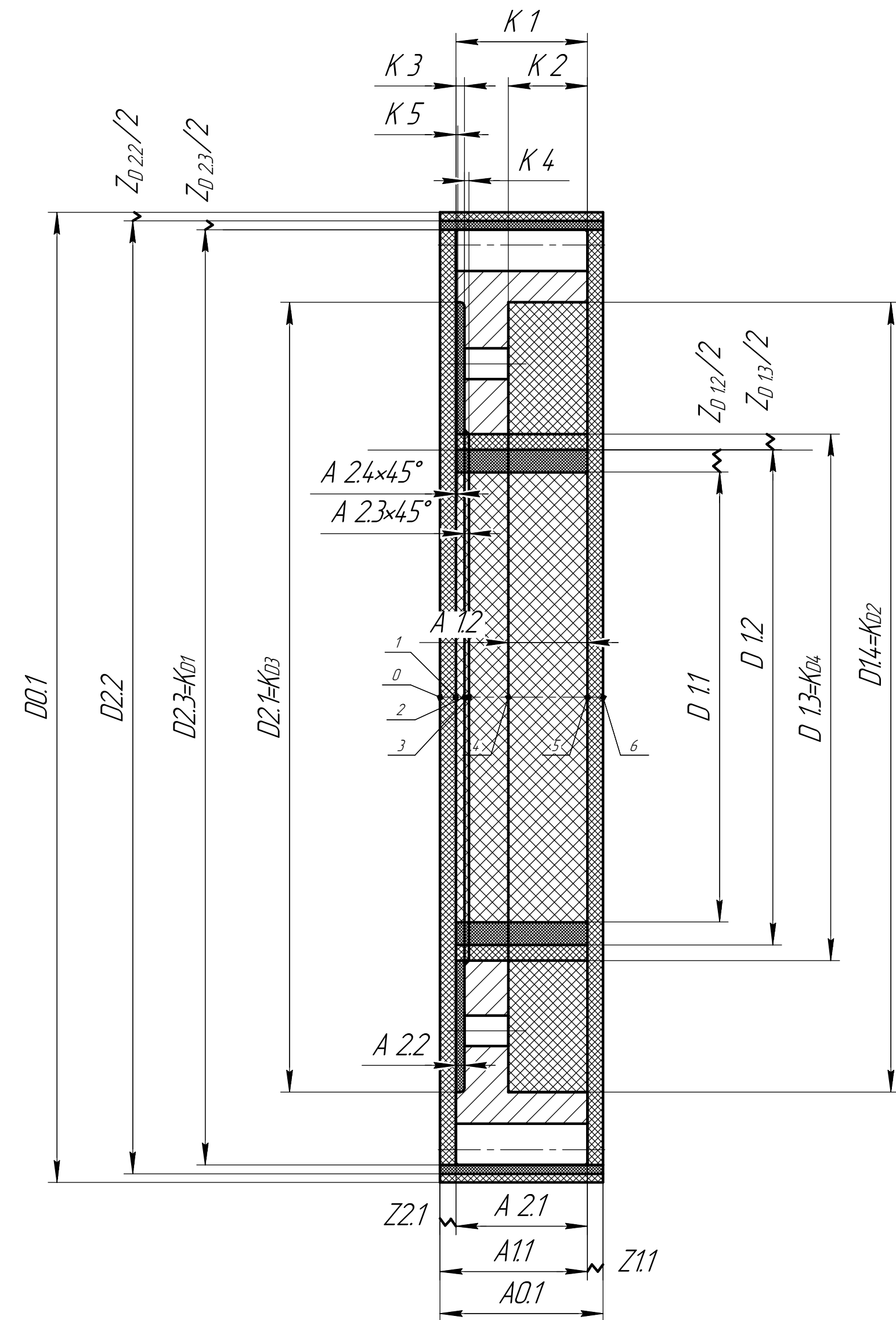
Лит. Лист Листов  
ТПУ  
Группа 3-8/151

Копировать

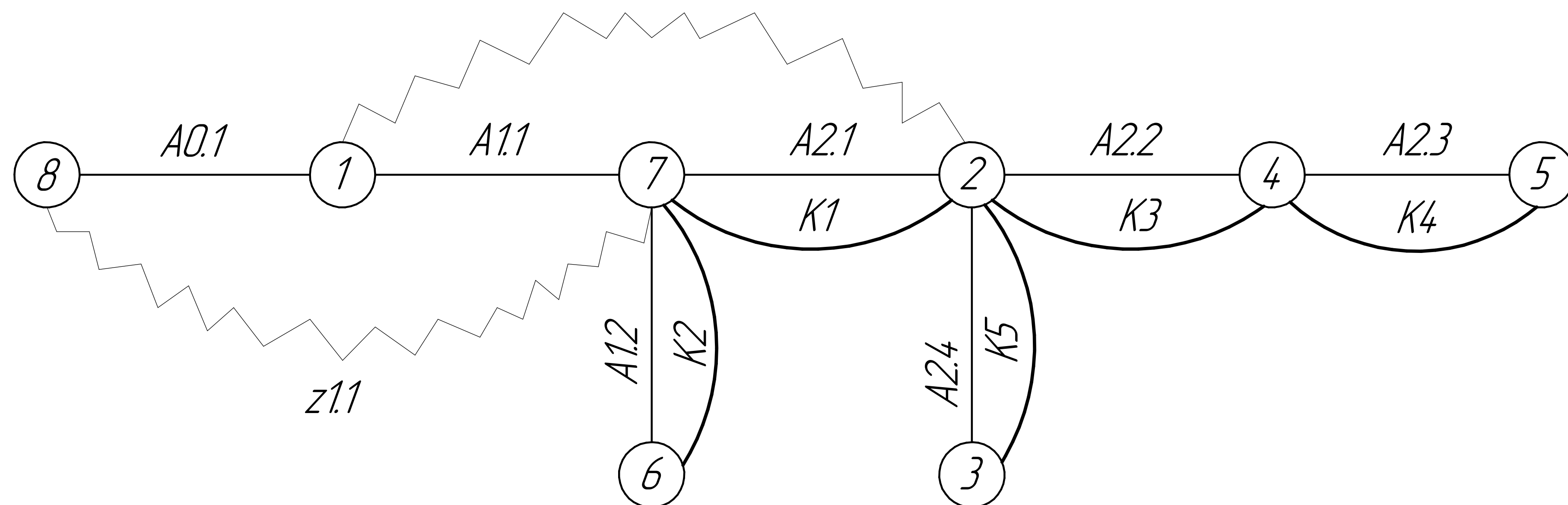
Формат А1



# Размерная схема

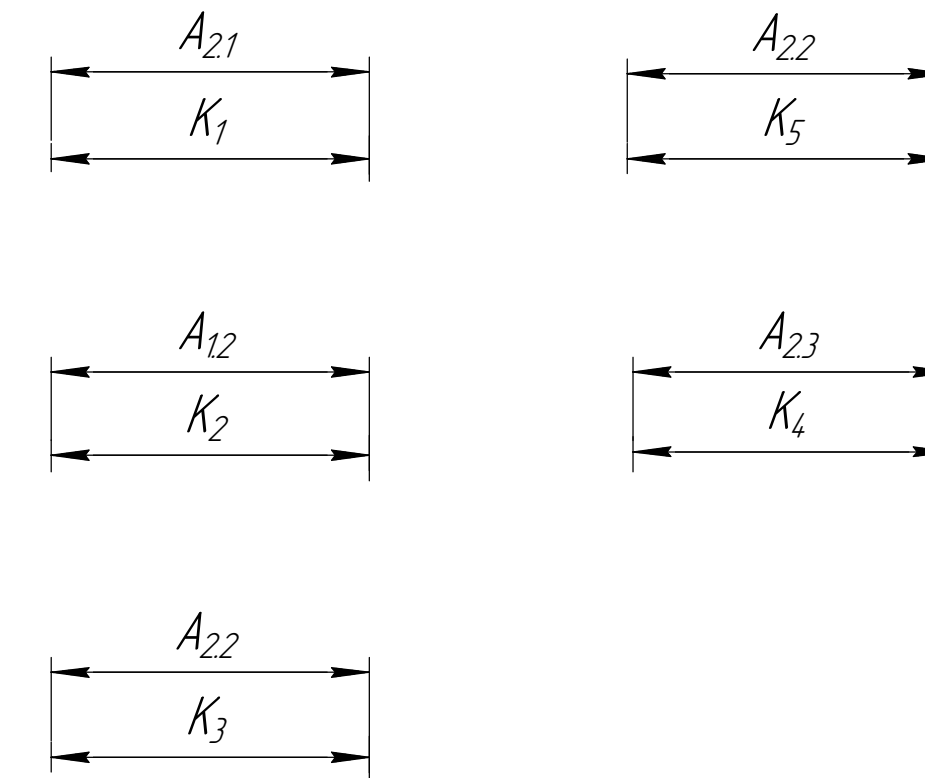


## Граф технологических размерных цепей



# Размеры цепи

Технологические размерные цепи, в которых замыкающими звеньями являются конструкторские размеры

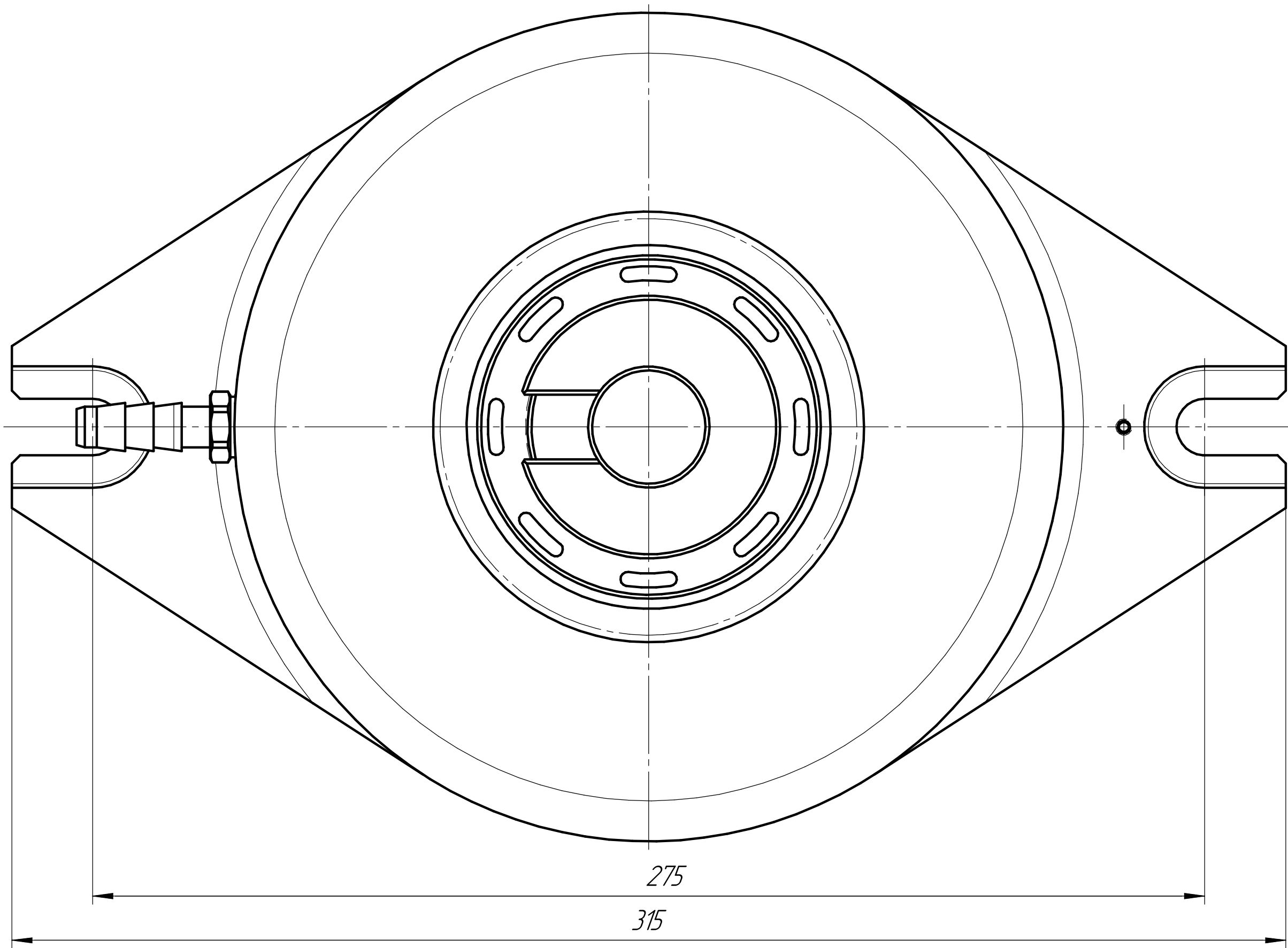
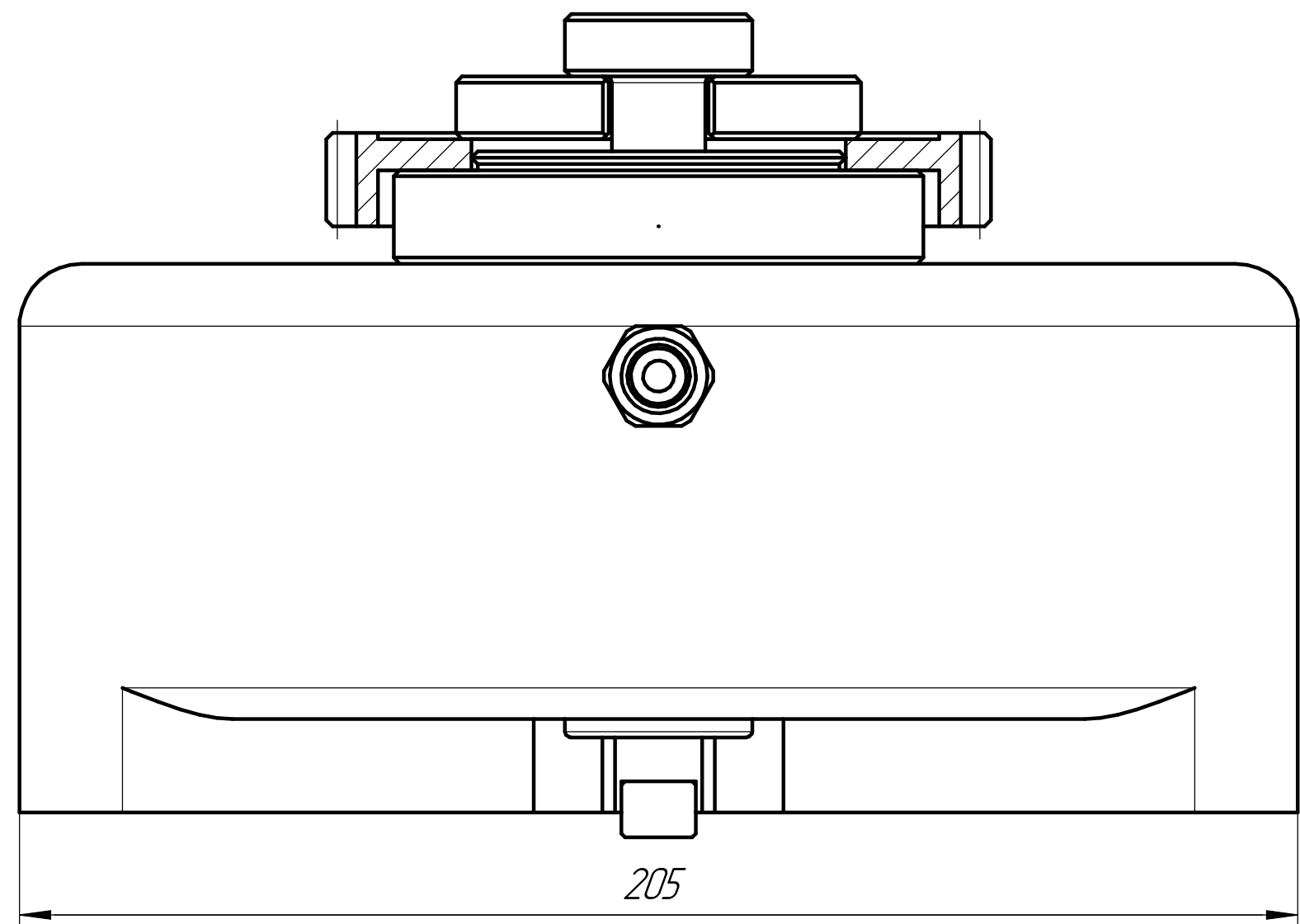
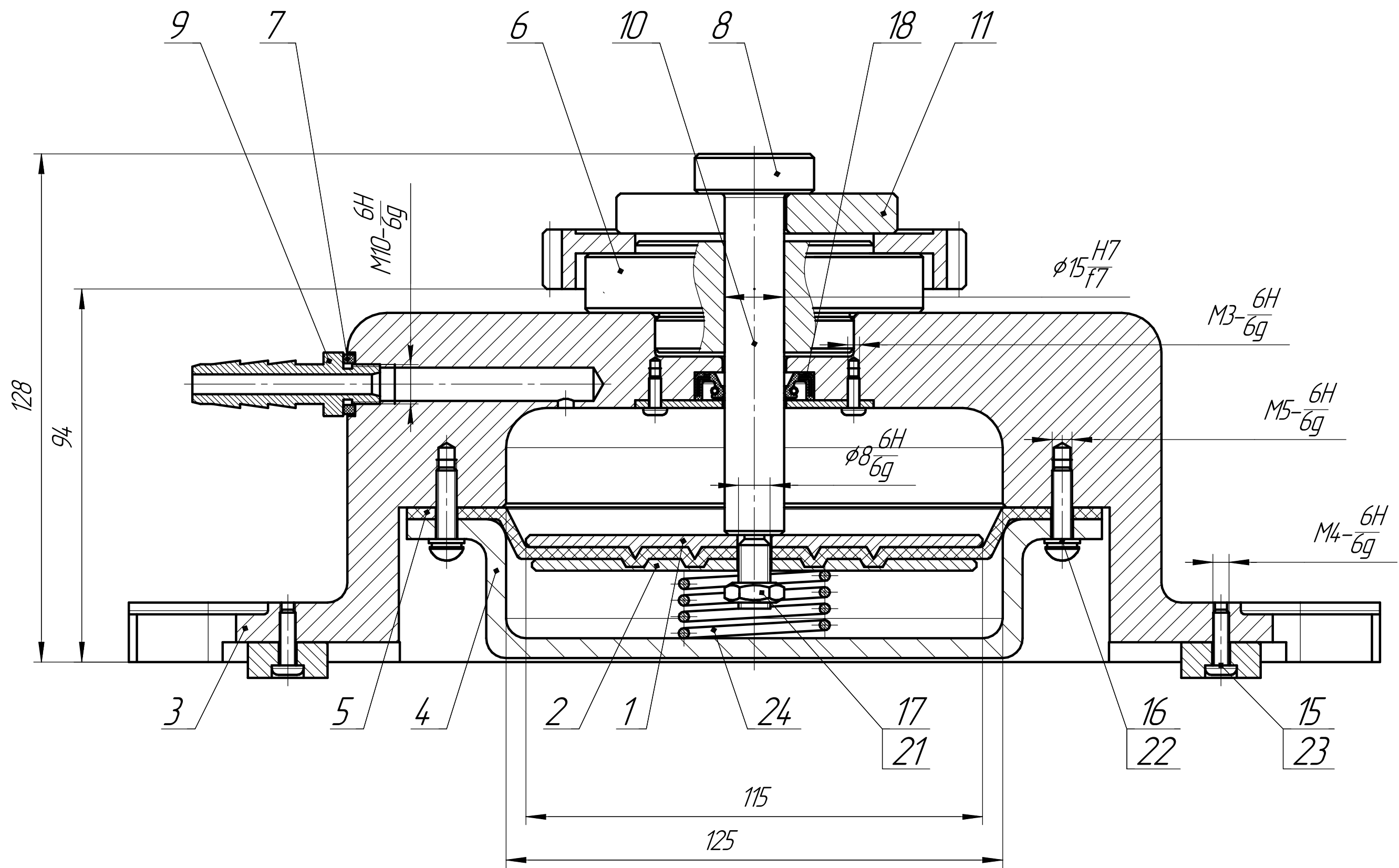


Технологические размерные цепи, в которых замыкающими звеньями являются припуски



ИШНПТ-38/15124.00.00.04				Лист	Масштаб	Масштаб
Размерный анализ				1:1	1:1	1:1
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Листов
Разраб.	Кингирова ИА				1	1
Проб.	Галин НЕ				ТТН	Группа 3-8/151
Т.контр.					Формат	А1
Н.контр.					Копировал	
Утв.					Формат	А1





1. Размеры для справок
2. Перед установкой детали проверить свободное перемещение подвижных элементов приспособления. Подвижные элементы приспособления должны двигаться свободно без заеданий. Шток должен свободно перемещаться в пределах всего хода
3. На рабочих поверхностях не допускаются царапины, черновины. Испытать пневмосистему приспособления при давлении воздуха 1 МПа
4. Покрытие: хим. окс. всех деталей отдельно.
5. После сборки и установки приспособления произвести настройку на станке.
6. Сила зажима заготовки в приспособлении – 374,25 Н.
7. Рабочее давление воздуха в системе – 0,5 МПа
8. Ход штока пневмокамеры – 43мм.

					ИШНПТ-38/15124.00.00.05 СБ			
Изм/Лист	№ док-м	Подп.	Дата	Приспособление для фрезеровки Сборочный чертёж	Лит.		Масса	Масштаб
							16,72	1:1
					Лист		Листов	1
					ТПУ Группа 3-8/151			
Исполн.								
Удп.								

КОМПАС-3D v18.1 Help © 2019 ООО "АСКОН-Системы проектирования", Россия. Все права защищены.

Перв. примен.	Справ. №	Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
		A1				Документация				
						ИШНПТ-38/15124.00.00.00 СБ	Сборный чертеж			
								Детали		
						1	ИШНПТ-38/15124.00.00.01	Диск нажимной	1	
						2	ИШНПТ-38/15124.00.00.02	Диск нажимной	1	
						3	ИШНПТ-38/15124.00.00.03	Корпус	1	
						4	ИШНПТ-38/15124.00.00.04	Крышка	1	
						5	ИШНПТ-38/15124.00.00.05	Мембрана	1	
	6	ИШНПТ-38/15124.00.00.06	Оправка цилиндрическая	1						
	7	ИШНПТ-38/15124.00.00.07	Шайба уплотнительная	1						
	8	ИШНПТ-38/15124.00.00.08	Шток	1						
	9	ИШНПТ-38/15124.00.00.09	Штуцер	1						
	10	ИШНПТ-38/15124.00.00.010	Фланец	1						
	11	ИШНПТ-38/15124.00.00.011	Шайба съёмная специальная	1						
						Стандартные изделия				
				12		Винт АМЗ-6gx8 ГОСТ 11644-75	8			
				13		Винт АМЗ-6gx14 ГОСТ 11644-75	2			
				14		Винт ВМ 5-6g x 20	8			
						ГОСТ 174 73-80				
Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата	ИШНПТ-38/15124.00.00.00					
					Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	
					Разраб.	Кунгурова И.А.				
					Пров.	Галин Н.Е.				
					Н.контр.					
					Приспособление для фрезеровки			Лит.	Лист	Листов
									1	2
								ТПУ		
								Группа 3-8/151		

Инв. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инв. № дубл.	Подп. и дата